

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2003 年 10 月 2 日 (02.10.2003)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 03/081672 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 27/105
- (21) 国際出願番号: PCT/JP03/03712
- (22) 国際出願日: 2003 年 3 月 26 日 (26.03.2003)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2002-85095 2002 年 3 月 26 日 (26.03.2002) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ソニー株式会社 (SONY CORPORATION) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 Tokyo (JP).

- 北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
五十嵐 実 (IKARASHI, Minoru) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 中村 友之 (NAKAMURA, Tomoyuki); 〒105-0001 東京都港区虎ノ門1丁目2番3号 虎ノ門第一ビル9階 三好内外国特許事務所内 Tokyo (JP).
- (81) 指定国 (国内): KR, US.
- (84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).

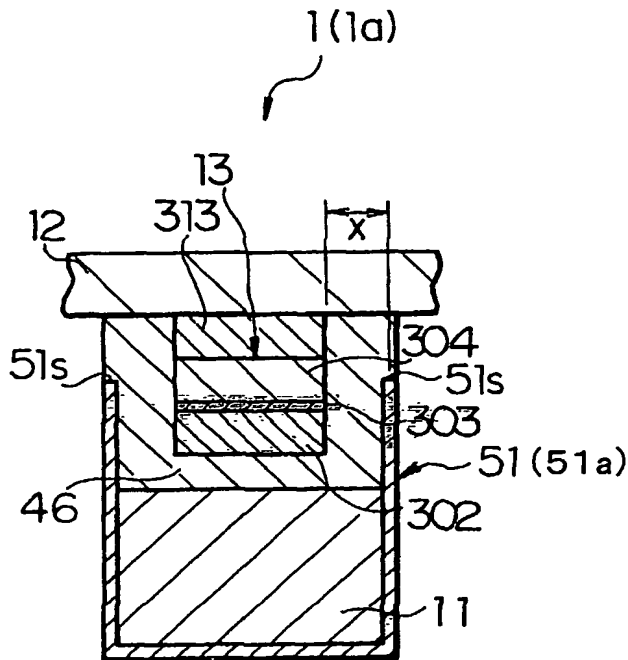
添付公開書類:
— 国際調査報告書

- (72) 発明者: および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 元吉 真 (MO-TOYOSHI, Makoto) [JP/JP]; 〒141-0001 東京都品川区

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 PCT ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(54) Title: MAGNETIC MEMORY DEVICE AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: 磁気メモリ装置およびその製造方法



(57) Abstract: A magnetic memory device capable of improving write characteristic by providing a magnetic flux concentrator which can apply a current magnetic field generated by a write word line effectively to the storage layer of a TMR element. The magnetic memory device (1) includes the TMR element (13), a write word line (first wire) (11) electrically insulated from the TMR element (13), and a bit line (second wire) (12) to be electrically connected to the TMR element (13) and three-dimensionally intersecting the write word line (11) via the TMR element (13). The device further includes a magnetic flux concentrator (51) composed of a highly permeable layer arranged on both sides of the write word line (11) and along the surface of the write word line (11) opposite to the surface opposing to the TMR element (13). At least one of the side walls of the magnetic flux concentrator (51) is formed to protrude toward the TMR element (13) side from the write word line (11).

(57) 要約: 書き込みワード線が発する電流磁界を効率よく TMR 素子の記憶層に印加できる磁束集中器を提供することで、書き込み特性の向上を図ることができる磁化メモリ装置である。TMR 素子 (13) と、TMR 素子 (13) と電気的に絶縁された書き込みワード線 (第 1 配線) (11) と、TMR 素子 (13) と電気的に接続されるもので TMR 素子 (13) を間にして書き込みワード線 (11) と立

体的に交差するビット線 (第 2 配線) (12) とを備えた磁気メモリ装置 (1) において、少なくとも書き込みワード線 (11) の両側面および TMR 素子 (13) に対向する面とは反対側の書き込みワード線 (11) 面にそって、高透磁率層からなる磁束集中器 (51) が設けられ、磁束集中器 (51) の側壁の少なくとも一方は書き込みワード線 (11) より TMR 素子 (13) 側に突き出した状態に形成されているものである。

WO 03/081672 A1

明細書

磁気メモリ装置およびその製造方法

5 技術分野

本発明は、磁気メモリ装置およびその製造方法に関し、詳しくは、トンネル磁気抵抗素子を構成する強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記録する不揮発性の磁気メモリ装置およびその製造方法に関する。

背景技術

情報通信機器、特に携帯端末などの個人用小型機器の飛躍的な普及にともない、これを構成するメモリ素子やロジック素子等の素子には、高集積化、高速化、低消費電力化など、一層の高性能化が要求されている。特に不揮発性メモリはユビキタス時代に必要不可欠の素子と考えられている。

例えば、電源の消耗やトラブル、サーバーとネットワークが何らかの障害により切断された場合であっても、不揮発性メモリは個人の重要な情報を保護することができる。そして、不揮発性メモリの高密度化、大容量化は、可動部分の存在により本質的に小型化が不可能なハードディスクや光ディスクを置き換える技術としてますます重要になってきている。

また、最近の携帯機器は不要な回路ブロックをスタンバイ状態にしてでき得る限り消費電力を抑えようと設計されているが、高速ネットワークメモリと大容量ストレージメモリを兼ねること

ができる不揮発性メモリが実現できれば、消費電力とメモリとの無駄を無くすることができる。また、電源を入れると瞬時に起動できる、いわゆるインスタント・オン機能も高速の大容量不揮発性メモリが実現できれば可能になってくる。

5 不揮発性メモリとしては、半導体を用いたフラッシュメモリや、強誘電体を用いた F R A M (Ferro electric Random Access Memory) などがあげられる。しかしながら、フラッシュメモリは、書き込み速度が μ 秒の桁であるため遅いという欠点がある。一方、F R A M においては、書き換え可能回数が $10^{12} \sim 10^{14}$ で完全
10 にスタティックランダムアクセスメモリやダイナミックランダムアクセスメモリに置き換えるには耐久性が低いという問題が指摘されている。また、強誘電体キャパシタの微細加工が難しいという課題も指摘されている。

これらの欠点を有さない不揮発性メモリとして注目されているのが、M R A M (Magnetic Random Access Memory) とよばれる磁気メモリである。初期の M R A M は J.M. Daughton, "Thin Solid Films" Vol. 216 (1992), p. 162-168 で報告されている A M R (Anisotropic Magneto Resistive) 効果や D.D. Tang et al., "IEDM Technical Digest" (1997), p. 995-997 で報告されている G M R
20 (Giant Magneto Resistance) 効果を使ったスピバルブを基にしたものであった。しかし、負荷のメモリセル抵抗が $10 \Omega \sim 100 \Omega$ と低いため、読み出し時のビットあたりの消費電力が大きく大容量化が難しいという欠点があった。

一方 T M R (Tunnel Magneto Resistance) 効果は R. Meservey et al., "Physics Reports" Vol. 238 (1994), p. 214-217 で報告されているように抵抗変化率が室温で $1\% \sim 2\%$ しかなかったが、近年

T.Miyazaki et al., "J.Magnetism & Magnetic Material" Vol.139(1995),L231 で報告されているように抵抗変化率20%近く得られるようになり、TMR効果を使ったMRAMに注目が集まるようになってきている。

5 MRAMは、構造が単純であるため高集積化が容易であり、また磁気モーメントの回転により記録を行うために、書き換え回数が大であると予測されている。またアクセス時間についても、非常に高速であることが予想され、既に100MHzで動作可能であることが、R.Scheuerlein et al., "ISSCC Digest of Technical
10 Papers" (Feb. 2000), p.128-129 で報告されている。

 上述の通り、高速化・高集積化が容易という長所を有するMRAMではあるが、書き込みは、TMR素子に近接させて設けられた書き込みビット線と書き込み書き込みワード線に電流を流し、その発生磁界によって行う。TMR素子の記憶層（記憶層）の反
15 転磁界は材料にもよるが、200e~2000eが必要であり、このときの電流は数mAから数十mAになる。これは消費電流の増大につながり、携帯機器の低消費電力化に対して大きな課題となる。

 また、高集積化の面からは、ビット線および書き込みワード線
20 は、リソグラフィ技術から決定される最小線幅に近いサイズが要求される。仮に、ビット線幅/書き込みワード線幅が0.6μmとして、配線の膜厚を500nmとすると、3MA/cm²になり、銅配線を用いた場合（実用電流密度：0.5MA/cm²）もエレクトロマイグレーションに対する寿命は大きな課題とな
25 る。さらに微細化していくと、強誘電体の反転磁界は増加し、配線の次元も縮小しなければならないため、この配線信頼性の課題

はより大きくなってくる。

さらに、大電流駆動用のドライバーをビット線、書き込みワード線に対して持つためこの部分の占有面積が大きくなるので、高集積化を阻害することになる。また、素子の微細化により、磁束の漏れによって隣接ビットにまで磁界が発生し、ディスタープの問題が発生する。この対策としては、米国特許第 5 9 4 0 3 1 9 号明細書のなかで、TMR 素子の下側および上側のいずれか一方もしくは両方にある配線の TMR 素子に対向している面部分以外を磁束集中させる材料で覆うという内容が記載されているが、磁束集中効果が不十分で消費電流が十分に下がらないという問題があった。

発明の開示

本発明は、上記課題を解決するためになされた磁気メモリ装置およびその製造方法である。

本発明の第 1 の磁気メモリ装置は、第 1 配線と、前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線と、前記第 1 配線と電氣的に絶縁され、前記第 2 配線と電氣的に接続されたもので、前記第 1 配線と前記第 2 配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、前記第 1 配線に、少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、前記第 1 配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記第 1 配

線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているものである。

上記第1磁気メモリ装置では、第1配線は、少なくとも、第1配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、第1配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第1配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されていることから、第1配線から発する電流磁界は磁束集中器のトンネル磁気抵抗素子側に突き出した部分によってトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第2の磁気メモリ装置は、第1配線と、前記第1配線と立体的に交差する第2配線と、前記第1配線と電氣的に絶縁され、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、前記第2配線に、少なくとも、前記第2配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、前記第2配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記

第 2 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているものである。

上記第 2 磁気メモリ装置では、第 2 配線に、少なくとも、第 2 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、第 2 配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第 2 配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されていることから、第 2 配線から発する電流磁界は磁束集中器のトンネル磁気抵抗素子側に突き出した部分によってトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 2 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第 3 の磁気メモリ装置は、第 1 配線と、前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線と、前記第 1 配線と電氣的に絶縁され、前記第 2 配線と電氣的に接続されたもので、前記第 1 配線と前記第 2 配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、前記第 1 配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器が設けられているものである。

上記第 3 磁気メモリ装置では、第 1 配線とトンネル磁気抵抗素

子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていることから、第1配線から発する電流磁界はトンネル磁気抵抗素子の側面下部側の磁束集中器によってトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効
5 率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる
ことが可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエ
レクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動
電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小するこ
10 ことができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるた
め隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第4の磁気メモリ装置は、第1配線と、前記第1配線
と立体的に交差する第2配線と、前記第1配線と電氣的に絶縁さ
れ、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と
前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟ん
15 で構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、前記強
磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変
化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装
置において、前記第1配線には、少なくとも、前記第1配線の両側
面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の
20 面に高透磁率層からなる第1磁束集中器が設けられ、前記第1配
線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気
抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第2
磁束集中器が設けられているものである。

上記第4磁気メモリ装置では、第1配線には、少なくとも、第
25 1配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは
反対側の面に高透磁率層からなる第1磁束集中器が設けられ、第

1 配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第2磁束集中器が設けられていることから、第1配線から発する電流磁界は第1磁束集中器から第2磁束集中器に伝達されてトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第5の磁気メモリ装置は、第1配線と、前記第1配線と立体的に交差する第2配線と、前記第1配線とスイッチング素子を介して電氣的に接続され、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、前記第1配線に、少なくとも、前記第1配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、前記第1配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記第1配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているものである。

上記第5磁気メモリ装置では、第1配線に、少なくとも、第1配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、第1配線

の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されていることから、前記第 1 磁気メモリ装置と同様に、第 1 配線から発する電流磁界はトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げることで可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 1 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくてすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第 6 の磁気メモリ装置は、第 1 配線と、前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線と、前記第 1 配線とスイッチング素子を介して電氣的に接続され、前記第 2 配線と電氣的に接続されたもので、前記第 1 配線と前記第 2 配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、前記第 2 配線に、少なくとも、前記第 2 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、前記第 2 配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記第 2 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているものである。

上記第 6 磁気メモリ装置では、第 2 配線に、少なくとも、第 2 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、第

2 配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第 2 配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されていることから、前記第 2 磁気メモリ装置と同様に、第 2 配線から発する電流磁界はトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく
5 集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 2 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくてすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接
10 セルとの干渉効果が低減される。

また、上記第 1、第 2 および第 4 ないし第 6 磁気メモリ装置においては、高透磁率層と第 1 配線もしくは第 2 配線との間に絶縁膜が形成されているものであっても、上記それぞれの磁気メモリ装置と同様な作用、効果が得られる。

15 本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法は、第 1 の配線を形成する工程と、トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的
20 に交差する第 2 配線を形成する工程とを備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、前記第 1 配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも
25 一方を前記第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する。

上記第1磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第1配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第1配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも一方を第1配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成することから、第1配線に電流を流した際に発せられる電流磁界は、第1配線の両側面に形成される高透磁率層によって、トンネル磁気抵抗素子の記憶層（記録層ともいう）に効率よく集中されるようになる。このため書き込みのための電流値を下げることも可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第2磁気メモリ装置の製造方法は、第1の配線を形成する工程と、トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第1の配線と電気的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、前記トンネル磁気抵抗素子と電気的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第1配線と立体的に交差する第2配線を形成する工程とを備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、少なくとも、前記第2配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、前記第2配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第2配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する。

上記第2磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第2配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第2配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも一方を第2配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成することから、第2配線に電流を流した際に発せられる電流磁界がトンネル磁気抵抗素子の記憶層（記録層ともいう）に効率よく集中されるようになる。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第2配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第3磁気メモリ装置の製造方法は、第1の配線を形成する工程と、トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第1の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第1配線と立体的に交差する第2配線を形成する工程とを備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、前記第1配線を形成した後に、前記第1配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備えている。

上記第3磁気メモリ装置の製造方法では、第1配線を形成した後に、第1配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁

束集中器を形成する工程を備えていることから、第 1 配線に電流を流した際に発せられる電流磁界がトンネル磁気抵抗素子の側面下部側の磁束集中器によって、トンネル磁気抵抗素子の記憶層（記録層ともいう）に効率よく集中されるようになる。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 1 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法は、第 1 の配線を形成する工程と、トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程とを備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる第 1 磁束集中器を形成する工程と、前記第 1 配線を形成した後に、前記第 1 配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第 2 磁束集中器を形成する工程とを備えている。

上記第 4 磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第 1 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる第 1 磁束集中器を形成する工程と、

第 1 配線を形成した後に、第 1 配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第 2 磁束集中器を形成する工程とを備えていることから、第 1 配線に電流を流した際に発せられる電流磁界は
5 第 1 磁束集中器から第 2 磁束集中器に伝達されてトンネル磁気抵抗素子の記憶層（記録層ともいう）に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 1 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむ
10 ことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第 5 磁気メモリ装置の製造方法は、第 1 の配線を形成する工程と、前記第 1 配線上にスイッチング素子を形成する工程
15 と、トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線上に前記スイッチング素子を介して接続されるトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程とを備えた
20 不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、前記第 1 配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗
25 素子側に突き出した状態に形成する。

上記第 5 磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第 1 配

線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第1配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも一方を第1配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成することから、前記第1磁気メモリ装置の製造方法と同様に、第1配線に電流を流した際に発せられる電流磁界がトンネル磁気抵抗素子の記憶層（記録層ともいう）に効率よく集中されるようになる。このため書き込みのための電流値を下げる 것이可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

本発明の第6磁気メモリ装置の製造方法は、第1の配線を形成する工程と、前記第1配線上にスイッチング素子を形成する工程と、トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第1の配線とスイッチング素子を介して接続されるトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第1配線と立体的に交差する第2配線を形成する工程とを備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、少なくとも、前記第2配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、前記第2配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第2配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する。

上記第 6 磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第 2 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第 2 配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも一方を第 2 配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成することから、前記第 2 磁気メモリ装置の製造方法と同様に、第 2 配線に電流を流した際に発せられる電流磁界がトンネル磁気抵抗素子の記憶層（記録層ともいう）に効率よく集中されるようになる。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 2 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

また、上記第 1、第 2 および第 4 ないし第 6 磁気メモリ装置の製造方法においては、高透磁率層と第 1 配線もしくは第 2 配線との間に絶縁膜が形成されているものであっても、上記それぞれの磁気メモリ装置の製造方法と同様な作用、効果が得られる。

図面の簡単な説明

第 1 A 図乃至第 1 B 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 2 図は、一般的な M R A M の主要部を簡略化して示した概略構成斜視図である。

第 3 図は、容易軸方向磁界 H_{EA} および困難軸方向磁界 H_{HA} による記憶層磁化方向の反転しきい値を示すアステロイド曲線であ

る。

第4図は、TMR素子の一例を示す概略構成斜視図である。

第5図は、本発明の第1磁気メモリ装置に係る第1実施の形態の書き込みワード線が発する電流磁界の分布を調べたシミュレーション結果である。

第6図は、本発明の第1磁気メモリ装置に係る第2実施の形態を示す概略構成断面図である。

第7図は、比較例1として、従来構造のMRAMセルにおける書き込みワード線およびその周囲構造および書き込みワード線周囲の電流磁界の分布状態を示す概略構成断面図である。

第8図は、比較例2として、従来構造のMRAMセルにおける書き込みワード線およびその周囲構造および書き込みワード線周囲の電流磁界の分布状態を示す概略構成断面図である。

第9図は、本発明の第1磁気メモリ装置に係る第1実施の形態、第2実施の形態、比較例1および比較例2について、磁化方向に対して直行する方向に配置した磁化を反転させるため必要なビット線電流の書き込みワード線電流依存性を示す、磁化容易軸方向の磁界を与える電流と磁化難易軸方向の磁界を与える電流との関係図である。

第10図は、本発明の第1磁気メモリ装置に係る第3実施の形態を示す概略構成断面図である。

第11図は、本発明の第1磁気メモリ装置に係る第4実施の形態を示す概略構成断面図である。

第12図は、本発明の第1磁気メモリ装置に係る第5実施の形態を示す概略構成断面図である。

第13図は、本発明の第2磁気メモリ装置に係る第1実施の形

態を示す概略構成断面図である。

第 1 4 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

5 第 1 5 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置に係る第 3 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 1 6 図は、本発明の第 3 磁気メモリ装置に係る実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 1 7 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を示す概略構成断面図である。

10 第 1 8 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 1 9 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係る第 3 実施の形態を示す概略構成断面図である。

15 第 2 0 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係る第 4 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 2 1 図は、一般的なクロスポイント型の M R A M の主要部を簡略化して示した概略構成斜視図である。

第 2 2 図は、本発明の第 5 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を示す概略構成断面図である。

20 第 2 3 図は、本発明の第 5 磁気メモリ装置に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 2 4 図は、本発明の第 6 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を示す概略構成断面図である。

25 第 2 5 図は、本発明の第 6 磁気メモリ装置に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 2 6 図は、本発明の第 6 磁気メモリ装置に係る第 3 実施の形

態を示す概略構成断面図である。

第 27 A 図乃至第 27 E 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態を示す製造工程断面図である。

5 第 28 A 図乃至第 28 E 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を示す製造工程断面図である。

第 29 A 図乃至第 29 F 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 3 実施の形態を示す製造工程断面図である。

第 30 A 図乃至第 30 B 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 4 実施の形態を示す概略構成断面図である。

10 第 31 A 図乃至第 31 B 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 5 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 32 A 図乃至第 32 B 図は、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 6 実施の形態を示す概略構成断面図である。

15 第 33 A 図乃至第 33 C 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態を示す製造工程断面図である。

第 34 A 図乃至第 34 E 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 35 A 図乃至第 35 B 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 3 実施の形態を示す概略構成断面図である。

20 第 36 A 図乃至第 36 B 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 4 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 37 A 図乃至第 37 B 図は、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 5 実施の形態を示す概略構成断面図である。

25 第 38 A 図乃至第 38 C 図は、本発明の第 3 磁気メモリ装置の製造方法に係る実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 39 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第

1 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 4 0 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

5 第 4 1 A 図乃至第 4 1 B 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 3 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 4 2 図は、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 4 実施の形態を示す概略構成断面図である。

第 4 3 図は、本発明の第 5 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態を示す概略構成断面図である。

10 第 4 4 図は、本発明の第 5 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を示す概略構成断面図である。

発明を実施するための詳細な説明

15 まず、一般的な M R A M (Magnetic Random Access Memory) を、第 2 図の主要部を簡略化して示した概略構成斜視図によって説明する。第 2 図では、簡略化して示したため、読み出し回路部分の図示は省略されている。

第 2 図に示すように、9 個のメモリセルを含み、相互に交差する書き込みワード線 1 1 (1 1 1、1 1 2、1 1 3) およびビット線 1 2 (1 2 1、1 2 2、1 2 3) を有する。それらの書き込みワード線 1 1 とビット線 1 2 の各交差領域には、書き込みワード線 1 1 上に絶縁膜 (図示せず) を介して形成されているとともにビット線 1 2 に接続されている磁気抵抗効果 (T M R) 素子 1 3 (1 3 1 ~ 1 3 9) が配置されている。T M R 素子 1 3 への書き込みは、ビット線 1 2 および書き込みワード線 1 1 に電流を流し、それから発生する合成磁界によってビット線 1 2 と書き込み

20

25

ワード線 1 1 との交差領域に形成された T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 (詳細は第 5 図参照) の磁化方向を磁化固定層 3 0 2 (詳細は第 5 図参照) に対して平行または反平行に行う。

第 3 図に示すアステロイド曲線は、印加された容易軸方向磁界 H_{EA} および困難軸方向磁界 H_{HA} による記憶層磁化方向の反転し
5 きい値を示している。アステロイド曲線外部に相当する合成磁界ベクトルが発生すると、磁界反転が生じる。アステロイド曲線内部の合成磁界ベクトルは、その電流双安定状態の一方からセルを反転させることはない。また、電流を流しているワード線および
10 ビット線の交点以外のセルにおいても、ワード線もしくはビット線単独で発生する磁界が印加されるため、それらの大きさが一方向反転磁界 H_K 以上の場合は、交点以外のセルの磁化方向も反転するので、合成磁界が斜線で示す部分 4 0 1 にある場合のみ、選択されたセルを選択書き込みが可能となる。

15 以上のように、M R A M のアレイでは、ビット線および書き込みワード線からなる格子の交点にメモリセルが配置されている。M R A M の場合、書き込みワード線とビット線とを使用することで、アステロイド磁化反転特性を利用し、選択的に個々のメモリセルに書き込むことが一般的である。

20 単一の記憶領域における合成磁化は、それに印加された容易軸方向磁界 H_{EA} と困難軸方向磁界 H_{HA} とのベクトル合成によって決まる。ビット線を流れる電流はセルに容易軸方向の磁界 (H_{EA}) を印加し、書き込みワード線を流れる電流はセルに困難軸方向の磁界 (H_{HA}) を印加する。

25 次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を、第 1 A 図乃至第 1 B 図の概略構成断面図によって説明する。本発

明の第 1 実施の形態は、上記第 2 図によって説明した磁気メモリ装置において、書き込みワード線から発する電流磁界を効率よく記憶層に集中させることができるようにしたものである。

その基本構成は、第 1 A 図に示すように、第 1 磁気メモリ装置
5 1 (1 a) は、書き込みワード線 1 1 を備え、この書き込みワード線 1 1 の上方でかつ書き込みワード線 1 1 に交差（例えば直交）するようにビット線 1 2 が形成され、その交差領域で書き込みワード線 1 1 の上方には絶縁膜 4 6 を介してトンネル磁気抵抗素子（以下 TMR 素子という）1 3 が形成され、この TMR 素子 1 3 はビット線 1 2 に接続されている。

上記書き込みワード線 1 1 には、少なくとも、この書き込みワード線 1 1 の両側面および TMR 1 3 に対向する面とは反対側の面を囲むように、高透磁率層からなる磁束集中器 5 1 (5 1 a) が設けられている。しかも書き込みワード線 1 1 の側面に形成された上記磁束集中器 5 1 の少なくとも一方（図面では両方）は、
15 書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。すなわち、上記磁束集中器 5 1 の TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている部分は、上記 TMR 素子 1 3 の側面に絶縁膜 4 6 を介して延長形成されている。この磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s は、TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とキャップ層（図示せず）との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s と TMR 素子 1 3 との距離 x は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達
20 25

する距離とする必要があり、例えばその距離は200nm以下とすることが好ましい。

また磁束集中器51を構成する高透磁率材料としては、例えば最大透磁率 μ_r が100以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム(FeAl)合金、フェライト合金、等を用いることができる。

なお、図示したように、書き込みワード線11と磁束集中器51の間に電氣的絶縁層を設けない場合、磁束集中器51には電流損を防ぐため比抵抗率の高い軟磁性膜を用いることが望ましい。また図示したように、上記磁束集中器51は書き込みワード線11の両側面に形成された部分は書き込みワード線11よりTMR素子13側に突き出した状態に形成されているが、その突き出した状態に形成される部分は書き込みワード線11の片方の側面に形成されているもののみでも良い。

次いで、上記基本構成を組み込んだ第1磁気メモリ装置1の具体的構成例を、第1B図によって説明する。

第1B図に示すように、半導体基板(例えばp型半導体基板)21の表面側にはp型ウエル領域22が形成されている。このp型ウエル領域22には、トランジスタ形成領域を分離する素子分離領域23が、いわゆるSTI(Shallow Trench Isolation)で形成されている。上記p型ウエル領域22上には、ゲート絶縁膜25を介してゲート電極(ワード線)26が形成され、ゲート電極26の両側におけるp型ウエル領域22には拡散層領域(例えば N^+ 拡散層領域)27、28が形成され、選択用の電界効果型トランジスタ24が構成されている。

上記電界効果型トランジスタ 24 は読み出しのためのスイッチング素子として機能する。これは、n 型または p 型電界効果トランジスタの他に、ダイオード、バイポーラトランジスタ等の各種スイッチング素子を用いることも可能である。

5 上記電界効果型トランジスタ 24 を覆う状態に第 1 絶縁膜 41 が形成されている。この第 1 絶縁膜 41 には上記拡散層領域 27、28 に接続するコンタクト（例えばタングステンプラグ）29、30 が形成されている。さらに第 1 絶縁膜 41 上にはコンタクト 29 に接続するセンス線 15、コンタクト 30 に接続する
10 センス線第 1 ランディングパッド 31 等が形成されている。

 上記第 1 絶縁膜 41 上には、上記センス線 15、第 1 ランディングパッド 31 等を覆う第 2 絶縁膜 42 が形成されている。この第 2 絶縁膜 42 には上記第 1 ランディングパッド 31 に接続するコンタクト（例えばタングステンプラグ）32 が形成されてい
15 る。さらに上記第 2 絶縁膜 42 上には、コンタクト 32 に接続する第 2 ランディングパッド 33、第 1 配線の書き込みワード線 11 等が形成されている。

 上記書き込みワード線 11 には、少なくとも、書き込みワード線 11 の両側面およびトンネル磁気抵抗素子（以下 TMR 素子と
20 いう）13 に対向する面とは反対側の面を囲むように、前記第 1 A 図によって説明したのと同様な構成を有する磁束集中器 51 が設けられている。しかも書き込みワード線 11 の側面に形成された上記磁束集中器 51 の少なくとも一方（図面では両方）は、書き込みワード線 11 より TMR 素子 13 側に突き出した状態
25 に形成されている。

 上記第 1 A 図では、上記突き出した状態に形成されている部分

の磁束集中器 5 1 は、上記 T M R 素子 1 3 に対して絶縁膜 4 3、4 4 を介して T M R 素子 1 3 の側面に延長形成されている。延長形成された磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s は、例えば T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とほぼ同等の高さに形成される。

5 また、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s と T M R 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えば 2 0 0 n m 以下に形成されている。

また磁束集中器 5 1 を構成する高透磁率材料には、例えば最大
10 透磁率 μ_r が 1 0 0 以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム (F e A l) 合金もしくはフェライト合金を用いている。

上記第 2 絶縁膜 4 2 上には、上記書き込みワード線 1 1、磁束集中器 5 1、第 2 ランディングパッド 3 3 等を覆う第 3 絶縁膜 4
15 3 が形成されている。この第 3 絶縁膜 4 3 には、上記第 2 ランディングパッド 3 3 に達する開口部 4 3 h 形成されている。

さらに、上記第 3 絶縁膜 4 3 上には、上記書き込みワード線 1 1 上方から上記開口部 4 3 h にかけて反強磁性体層 3 0 5 が形成され、この反強磁性体層 3 0 5 上でかつ上記書き込みワード線
20 1 1 の上方には、トンネル絶縁膜 3 0 3 を挟んで強磁性体層からなる磁化固定層 3 0 2 と磁化が比較的容易に回転する記憶層 3 0 4 が形成され、さらにキャップ層 3 1 3 が形成されている。この反強磁性体層 3 0 5 からキャップ層 3 1 3 によって情報記憶素子 (以下、T M R 素子という) 1 3 が構成されている。この T
25 M R 素子 1 3 については一例を後に詳述する。なお、この図面では、上記バイパス線 1 6 は反強磁性体層 3 0 5 上に磁化固定層 3

02を延長した状態で構成されている。

上記第3の絶縁膜43上には上記バイパス線16、TMR素子13等を覆う第4の絶縁膜44が形成されている。この第4の絶縁膜44は表面が平坦化され、上記TMR素子13の最上層のキ
5 ャップ層313表面が露出されている。上記第4の絶縁膜44上には、上記TMR素子13の上面に接続するものでかつ上記書き込みワード線11と上記TMR素子13を間にして立体的に交差(例えば直交)する第2配線のビット線12が形成されている。

次に、上記TMR素子13の一例を、第4図の概略構成斜視図
10 によって説明する。第4図に示すように、上記反強磁性体層305上に、第1の磁化固定層306と磁性層が反強磁性的に結合するような導電体層307と第2の磁化固定層308とを順に積層してなる磁化固定層302、トンネル絶縁膜303、記憶層304、さらにキップ層313を順に積層して構成されている。
15 ここでは磁化固定層302を積層構造としたが、強磁性体層の単層構造であってもよく、もしくは3層以上の強磁性体層を、導電体層を挟んで積層させた構造であってもよい。また上記反強磁性体層305の下地に、TMR素子と直列に接続されるスイッチング素子との接続に用いられる下地導電層(図示せず)を形成する
20 ことも可能である。また、下地導電層を反強磁性体層305によって兼ねることも可能である。

上記記憶層304、上記第1の磁化固定層306、第2の磁化固定層308は、例えば、ニッケル、鉄もしくはコバルト、またはニッケル、鉄およびコバルトのうちの少なくとも2種からなる
25 合金のような、強磁性体からなる。

上記導電体層307は、例えば、ルテニウム、銅、クロム、金、

銀等で形成されている。

上記第1の磁化固定層306は、反強磁性体層305と接する状態に形成されていて、これらの層間に働く交換相互作用によって、第1の磁化固定層306は、強い一方向の磁気異方性を有している。

上記反強磁性体層305は、例えば、鉄・マンガン合金、ニッケル・マンガン合金、白金マンガン合金、イリジウム・マンガン合金、ロジウム・マンガン合金、コバルト酸化物およびニッケル酸化物のうちの1種を用いることができる。

上記トンネル絶縁膜303は、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化マグネシウム、窒化シリコン、酸化窒化アルミニウム、酸化窒化マグネシウムもしくは酸化窒化シリコンからなる。

上記トンネル絶縁膜303は、上記記憶層304と上記磁化固定層302との磁氣的結合を切るとともに、トンネル電流を流すための機能を有する。これらの磁性膜および導電体膜は、主に、スパッタリング法によって形成される。トンネル絶縁層は、スパッタリング法によって形成された金属膜を酸化、窒化もしくは酸化窒化させることにより得ることができる。

さらに最上層にはキャップ層313が形成されている。このキャップ層313は、TMR素子13と別のTMR素子13とを接続する配線との相互拡散防止、接触抵抗低減および記憶層304の酸化防止という機能を有する。通常、銅、窒化タンタル、タンタル、窒化チタン等の材料により形成されている。

次に上記磁気メモリ装置1の動作を説明する。上記TMR素子13では、磁気抵抗効果によるトンネル電流変化を検出して情報

を読み出すが、その効果は記憶層 304 と第 1、第 2 の磁化固定層 306、308 との相対磁化方向に依存する。

また上記 TMR 素子 13 では、ビット線 12 および書き込みワード線 11 に電流を流し、その合成磁界で記憶層 304 の磁化の方向を変えて「1」または「0」を記録する。読み出しは磁気抵抗効果によるトンネル電流変化を検出して行う。記憶層 304 と磁化固定層 302 の磁化方向が平行の場合を低抵抗(これを例えば「0」とする)とし、記憶層 304 と磁化固定層 302 の磁化方向が反平行の場合を高抵抗(これを例えば「1」とする)とする。

次に、上記構成の磁気メモリ装置 1 の書き込みワード線 11 が発する電流磁界の分布を調べたシミュレーション結果を、第 5 図によって説明する。第 5 図では、書き込みワード線 11、TMR 素子 13 および磁束集中器 51 を単純化して示す。シミュレーションでは、書き込みワード線 11 の側面に形成された磁束集中器 51 の先端部 51s の厚さ t を $0.21\mu\text{m}$ とし、上記書き込みワード線 11 の両側面に形成された先端部 51s の間隔 d を $0.59\mu\text{m}$ とした。また電流磁界を矢印で示し、矢印の長さは電流磁界の強さを示し、矢印の方向は電流磁界の方向を示す。

第 5 図の電流磁界の分布図に示すように、上記磁気メモリ装置 1 は、書き込みワード線 11 から発せられる電流磁界は磁束集中器 51 に伝達され、その先端部 51s より効率よく TMR 素子 13 の記憶層 304 [前記第 1 A 図乃至第 1 B 図および第 4 図参照] に集中させることができる。

次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置に係る第 2 実施の形態を、第 6 図の概略構成断面図によって説明する。本発明の第 2 実施の形態は、上記第 1 A 図乃至第 1 B 図、第 5 図によって説明した磁

気メモリ装置 1 において、書き込みワード線から発する電流磁界をさらに効率よく記憶層に集中させることができるようにしたものである。なお、図面では、書き込みワード線、TMR 素子および磁束集中器の関係のみを示し、絶縁膜やその他の構成部品の図示は省略した。また電流磁界を矢印で示し、矢印の長さは電流磁界の強さを示し、矢印の方向は電流磁界の方向を示す。

第 6 図に示すように、磁気メモリ装置 1 (1 b) は、以下の構成を有する。書き込みワード線 1 1 が形成され、この書き込みワード線 1 1 上方にはこの書き込みワード線 1 1 と立体的に交差するビット線 1 2 が形成されている。また交差領域における書き込みワード線 1 1 の上方には TMR 素子 1 3 が形成され、その上面はビット線 1 2 に接続されている。上記書き込みワード線 1 1 の両側面および TMR 素子 1 3 に対向する面とは反対側の書き込みワード線 1 1 の面には、高透磁率層からなる磁束集中器 5 5 が形成されている。しかも書き込みワード線 1 1 の側面に形成された上記磁束集中器 5 5 の少なくとも一方は書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。さらに先端部 5 5 s を厚さ方向に拡張した張り出し部 5 5 a t が設けられている。ここでは、一例として張り出し部 5 5 a t を含めた先端部 5 5 s の厚さ t_t は $0.328 \mu m$ とし、先端部 5 5 s の内側に形成された張り出し部 5 5 a t、5 5 a t の間隔 d_t は $0.472 \mu m$ とした。

また第 6 図では先端部 5 5 s の両側に張り出し部 5 5 a t を設けたが、一方側だけでもよい。さらに図示したように、上記磁束集中器 5 5 は書き込みワード線 1 1 の両側面に形成された部分は書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した

状態に形成されているが、その突き出した状態に形成される部分は書き込みワード線 11 の片方の側面に形成されているもののみでも良い。

上記第 2 実施の形態に示した構成の磁束集中器 55 では、第 1 実施の形態で説明した磁束集中器 51 よりも電流磁束の漏れを減少させることができるため、書き込みワード線 11 から発せられる電流磁束を第 1 実施の形態の磁束集中器 51 よりもさらに効率よく TMR 素子 13 の記憶層 304 に集中させることができる。

次に、比較例 1 として、従来構造の MRAM セルにおける書き込みワード線およびその周囲構造の断面を第 7 図によって説明する。また同第 7 図によって、書き込みワード線およびその周囲の電流磁界の分布状態を説明する。第 7 図では、電流磁界を矢印で示し、矢印の長さは電流磁界の強さを示し、矢印の方向は電流磁界の方向を示す。

第 7 図に示すように、書き込みワード線 11 上方には、この書き込みワード線 11 に対して立体的に直交するビット線 12 が形成されている。この書き込みワード線 11 とビット線 12 との交差領域には、例えば $0.4 \mu\text{m} \times 0.8 \mu\text{m}$ の大きさを有する TMR 素子 13 が形成されている。この TMR 素子 13 は、書き込みワード線 11 上に 300 nm の厚さの絶縁膜 47 を介して形成され、その上面にはビット線 12 に接続されている。

次に、上記書き込みワード線 11 に電流を流すことにより発生する電流磁界のシミュレーションを行った。その結果、第 7 図に示すように、書き込みワード線 11、TMR 素子 13、ビット線 12 のみ示す電流磁界は書き込みワード線 11 を取り巻くよう

に分布する。したがって、磁束集中器 5 1 もしくは磁束集中器 5 5 を設けた実施の形態のように、書き込みワード線 1 1 から発せられる電流磁界を T M R 素子 1 3 に集中させることができない。また書き込みワード線 1 1 の電流が誘起する電流磁界は、T M R 素子 1 3 と書き込みワード線 1 1 との距離が大きくなるにしたがい急速に減少している。

次に、比較例 2 として、米国特許第 5 9 4 0 3 1 9 号明細書に記載されたのと同様の構成の書き込みワード線およびその周囲構造の断面を、第 8 図によって説明する。また同第 8 図によって、書き込みワード線およびその周囲の電流磁界の分布を説明する。第 8 図では、電流磁界を矢印で示し、矢印の長さは電流磁界の強さを示し、矢印の方向は電流磁界の方向を示す。

第 8 図に示すように、書き込みワード線 1 1 が形成され、この書き込みワード線 1 1 上方にはこの書き込みワード線 1 1 と立体的に交差するビット線 1 2 が形成されている。また交差領域における書き込みワード線 1 1 の上方には T M R 素子 1 3 が形成され、その上面はビット線 1 2 に接続されている。書き込みワード線 1 1 の周囲には T M R 素子 1 3 側を除いて、軟磁性膜からなる磁束集中器 5 7 が形成されている。書き込みワード線 1 1 の側面に形成された磁束集中器 5 7 の先端部 5 7 s は書き込みワード線 1 1 の T M R 素子 1 3 側の面と同等の高さに形成されている。すなわち、書き込みワード線 1 1 より T M R 素子 1 3 側に突出した状態には形成されていない。

次いで、上記構成において書き込みワード線 1 1 より発せられる電流磁界のシミュレーションを行った。この比較例 2 におけるシミュレーションでは、書き込みワード線 1 1 の側面に形成され

た磁束集中器 57 の先端部 57 s の各厚さ t は $0.21 \mu\text{m}$ とし、
磁束集中器 57 の先端部 57 s の間隔 d は $0.59 \mu\text{m}$ とした。

この結果、書き込みワード線 11 より発せられた電流磁界は、
磁束集中器 57 によってその先端部 57 s に伝達され、書き込み
5 ワード線 11 の側面に形成された磁束集中器 57 の先端部 57
s、57 s 間で最も強くなる。しかしながら、磁束集中器 57 の
先端部 57 s と TMR 素子 13 との距離が開いているため、電流
磁束が十分 TMR 素子 13 に伝達されないことがわかった。

次に、上記第 1 実施の形態、第 2 実施の形態、比較例 1、比較
10 例 2 について、磁化方向に対して直行する方向に配置した磁化を
反転させるため必要なビット線電流の書き込みワード線電流依
存性を、第 9 図の磁化容易軸方向の磁界を与える電流と磁化難易
軸方向の磁界を与える電流との関係図によって説明する。

第 9 図に示すように、磁化難易軸方向の磁界を与える電流に対
15 する磁化容易軸方向の磁界を与える電流との関係は、第 1 実施の
形態、第 2 実施の形態ともに、比較例 1、比較例 2 よりも、大き
く改善していることが分かる。すなわち、第 1 実施の形態、第 2
実施の形態ともに、比較例 1、比較例 2 よりも、磁化難易軸方向
の磁界を与える電流の絶対値が大きくなるにしたがい磁化容易
20 軸方向の磁界を与える電流は小さくなっている。

次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置に係わる第 3 実施の形態を、
第 10 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 10 図では、
第 1 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態に係わる要部を示し、書き
込みワード線、TMR 素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示
25 は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置に係わる第 1 実施の
形態と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第10図に示すように、第3実施の形態の第1磁気メモリ装置
1(1c)は、第1A図によって説明した磁束集中器51におい
て、TMR素子13に対向する側の書き込みワード線11表面に
も高透磁率層71が形成されているものである。すなわち、高透
5 磁率層71を含めて磁束集中器51(51c)が構成されている。
また第1実施の形態の第1磁気メモリ装置1aと同様に、書き込
みワード線11の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一
方はTMR素子13側の書き込みワード線11表面に形成され
ている高透磁率層よりTMR素子13側に突き出した状態に形
10 成されている。すなわち、この磁束集中器51の側壁部分の先端
部51sは、TMR素子13の側面と絶縁膜46を介して、TMR
素子13の記憶層304とキャップ層313との界面と同等
の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜3
03と記憶層304との界面から記憶層304とキャップ層3
15 13との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中
器51の先端部51sとTMR素子13との距離は、磁束集中器
51の先端部51sに集中させた電流磁束が記憶層304に効
率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は200n
m以下とすることが好ましい。この第3実施の形態の基本構成は、
20 前記第1磁気メモリ装置の第1実施の形態の基本構成に代えて、
前記第1B図によって説明した磁気メモリ装置の構成に組み込
むことができる。

次に、本発明の第1磁気メモリ装置に係わる第4実施の形態を、
第11図に示す概略構成断面図によって説明する。第11図では、
25 第1磁気メモリ装置に係わる第4実施の形態の要部を示し、書き
込みワード線、TMR素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示

は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置に係わる第 1 実施の形態と同様の構成部品には同一符号を付与する。なお、図面では、書き込みワード線、TMR 素子および磁束集中器の関係のみを示し、絶縁膜の図示は省略した。

- 5 第 1 1 図に示すように、第 4 実施の形態の第 1 磁気メモリ装置 1 (1 d) は、前記第 1 A 図によって説明した第 1 実施の形態の磁束集中器 5 1 において、書き込みワード線 1 1 の底部側および側面側と高透磁率層からなる磁束集中器 5 1 (5 1 d) との間に絶縁膜 6 1 が形成されているものである。この構成でも、書き込み
- 10 みワード線 1 1 の側面に形成された上記磁束集中器 5 1 の少なくとも一方（図面では両方）は、書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。すなわち、この磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s は、TMR 素子 1 3 の側面と絶縁膜 4 6 を介して、TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 と
- 15 キャップ層 3 1 3 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s と TMR 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s に集中さ
- 20 せた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 200 nm 以下とすることが好ましい。この第 4 実施の形態の基本構成は、前記第 1 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態の基本構成に代えて、前記第 1 B 図によって説明した磁気メモリ装置の構成に組み込むことができる。
- 25 次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置に係わる第 5 実施の形態を、第 1 2 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 1 2 図では、

第1磁気メモリ装置に係わる第5実施の形態の要部を示し、書き込みワード線、TMR素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示は省略した。また、前記第1磁気メモリ装置に係わる第1実施の形態と同様の構成部品には同一符号を付与する。

- 5 第12図に示すように、第5実施の形態の第1磁気メモリ装置1(1e)は、前記第11図によって説明した磁束集中器51dにおいて、書き込みワード線11の周囲に絶縁膜62を形成し、その絶縁膜62を介して高透磁率層からなる磁束集中器51(51e)が形成されているものである。この構成でも、書き込みワード線11の側面に形成された上記磁束集中器51の少なくとも一方(図面では両方)は、書き込みワード線11上に絶縁膜62を介して形成されている高透磁率層71よりTMR素子13側に突き出した状態に形成されている。すなわち、この磁束集中器51の側壁部分の先端部51sは、TMR素子13の側面と絶縁膜46を介して、TMR素子13の記憶層304とキャップ層313との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜303と記憶層304との界面から記憶層304とキャップ層313との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器51の先端部51sとTMR素子13との距離は、磁束集中器51の先端部51sに集中させた電流磁束が記憶層304に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は200nm以下とすることが好ましい。
- 10
15
20

言い換えれば、第5実施の形態の高透磁率層からなる磁束集中器51eは、前記第11図によって説明した第4実施の形態の磁束集中器51dにおいて、TMR素子13側の書き込みワード線11表面に絶縁膜を介して高透磁率層を形成したものである。す

25

なわち、書き込みワード線 1 1 の周囲に絶縁膜 6 2 を介して高透磁率層からなる磁束集中器 5 1 e が形成されているものである。しかもこの構成でも、書き込みワード線 1 1 の側面に形成された上記磁束集中器 5 1 の少なくとも一方（図面では両方）は、書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。この第 5 実施の形態の基本構成は、前記第 1 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態の基本構成に代えて、前記第 1 B 図によって説明した磁気メモリ装置の構成に組み込むことができる。

上記第 1 磁気メモリ装置 1（1 a ～ 1 e）では、書き込みワード線 1 1 は、少なくとも、TMR 素子 1 3 に対向する面とは反対側の面および両側面が高透磁率層からなる磁束集中器 5 1 で囲まれ、書き込みワード線 1 1 の側面に形成された高透磁率層からなる磁束集中器 5 1 の少なくとも一方は、書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されていて、実施の形態 1 の側壁部分の先端部 5 1 s は記憶層 3 0 4 の高さに形成されていることから、書き込みワード線 1 1 から発する電流磁界は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s まで伝達され、先端部 5 1 s、5 1 s 間で最も強くなる。したがって、電流磁界は TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに書き込みワード線 1 1 のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

次に、本発明の第2磁気メモリ装置に係わる第1実施の形態を、第13図に示す概略構成断面図によって説明する。第13図では、第2磁気メモリ装置の第1実施の形態に係わる要部を示し、スイッチング素子、書き込みワード線、センス線等の図示は省略した。

5 また、前記第1磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第13図に示すように、第2磁気メモリ装置2(2a)の第1実施の形態は、キャップ層313を介してTMR素子13に接続されるビット線12の両側面およびこのビット線12のTMR素子13に対向する面とは反対側の面に、高透磁率層からなる磁束集中器52(52a)が形成されているものであり、ビット線12の側面に形成された高透磁率層からなる磁束集中器52の少なくとも一方(図面では両方)はビット線12よりTMR素子13側に突き出した状態に形成されているものである。この磁束集中器52の側壁部分はTMR素子13と絶縁膜63を介して形成されている。

磁束集中器52の側壁部分の先端部52sは、TMR素子13の記憶層304とトンネル絶縁膜303との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜303と記憶層304との界面から記憶層304とキャップ層313との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器52の先端部52sとTMR素子13との距離xは、磁束集中器52の先端部52sに集中させた電流磁束が記憶層304に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は200nm以下とすることが好ましい。

また、上記磁束集中器52を構成する高透磁率材料としては、

例えば最大透磁率 μ_0 が100以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム（FeAl）合金、フェライト合金、等を用いる。

- 5 この第2磁気メモリ装置2（2a）の他の構成部品は、第1A図乃至第1B図によって説明した構成と同様である。なお、前記第1A図乃至第1B図によって説明した磁束集中器51は、形成されていなくてもよいが、TMR素子13へ電流磁界をより効果的に集中できることから磁束集中器51は形成されているほう
10 が好ましい。この場合、磁束集中器51の先端部51sと磁束集中器52の先端部52sとは離間された状態に形成される必要がある。

- 次に、本発明の第2磁気メモリ装置に係わる第2実施の形態を、第14図に示す概略構成断面図によって説明する。第14図では、
15 第2磁気メモリ装置の第2実施の形態に係わる要部を示し、スイッチング素子、書き込みワード線、センス線等の図示は省略した。また、前記第1磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

- 第14図に示すように、第2磁気メモリ装置2（2b）の第2
20 実施の形態は、第13図によって説明した磁束集中器52aにおいて、TMR素子13がキャップ層313を介して接続される側のピット線12表面にも磁束集中器52（52b）の側壁部分に接続される高透磁率層72が形成されているものである。すなわち、キャップ層313とピット線12とは高透磁率層72を介し
25 て接続されている。上記ピット線12の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方（図面では両方）は上記高透磁率層72よ

り TMR 素子 13 側に突き出した状態に形成されている。この磁束集中器 52 の側壁部分は TMR 素子 13 と絶縁膜 63 を介して形成されている。その先端部 52s は、TMR 素子 13 の記憶層 304 とトンネル絶縁膜 303 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 303 と記憶層 304 との界面から記憶層 304 とキャップ層 313 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 52 の先端部 52s と TMR 素子 13 との距離は、磁束集中器 52 の先端部 52s に集中させた電流磁束が記憶層 304 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 200 nm 以下とすることが好ましい。またこの第 2 実施の形態における上記磁束集中器 52 を構成する高透磁率材料には、前記第 1 実施の形態の磁束集中器 52 と同様の材料を用いる。

この第 2 磁気メモリ装置 2b の他の構成部品は、前記第 1 A 図乃至第 1 B 図によって説明した構成と同様である。なお、前記第 1 A 図乃至第 1 B 図によって説明した磁束集中器 51 は、形成されていなくてもよいが、TMR 素子 13 へ電流磁界をより効果的に集中できることから磁束集中器 51 は形成されているほうが好ましい。この場合、磁束集中器 51 の先端部 51s と磁束集中器 52 の先端部 52s とは離間された状態に形成される必要がある。

次に、本発明の第 2 磁気メモリ装置に係わる第 3 実施の形態を、第 15 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 15 図では、第 2 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態に係わる要部を示し、スイッチング素子、書き込みワード線、センス線等の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を

付与する。

第 15 図に示すように、第 2 磁気メモリ装置 2 (2 c) の第 3 実施の形態は、第 13 図によって説明した第 1 実施の形態の磁束集中器 52 a において、ビット線 12 の上面 (TMR 素子 13 側
5 とは反対側の面) およびビット線 12 の側面と磁束集中器 52 (52 c) との間に絶縁膜 64 が形成されているものである。またこの磁束集中器 52 の側壁部分はキャップ層 313 を介してビット線 12 を接続する TMR 素子 13 と絶縁膜 63 を介して形成されている。その先端部 52 s は、TMR 素子 13 の記憶層
10 304 とトンネル絶縁膜 303 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 303 と記憶層 304 との界面から記憶層 304 とキャップ層 313 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 52 の先端部
15 52 s と TMR 素子 13 との距離は、磁束集中器 52 の先端部 52 s に集中させた電流磁束が記憶層 304 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 200 nm 以下とすることが好ましい。また、この第 3 実施の形態における上記磁束集中器 52 を構成する高透磁率材料には、前記第 1 実施の形態の磁束集中器 52 と同様の材料を用いる。

20 この第 2 磁気メモリ装置 2 c の他の構成部品は、第 1 A 図乃至第 1 B 図で説明したのと同様である。なお、前記第 1 A 図乃至第 1 B 図によって説明した磁束集中器 51 は、形成されていなくてもよいが、TMR 素子 13 へ電流磁界をより効果的に集中できることから磁束集中器 51 は形成されているほうが好ましい。この
25 場合、磁束集中器 51 の先端部 51 s と磁束集中器 52 の先端部 52 s とは離間された状態に形成される必要がある。また、第 1

5 図によって説明した第3実施の形態の構成においては、前記第14図によって説明したような高透磁率層72が形成されていてもよい。

上記第2磁気メモリ装置2(2a~2c)では、ビット線12
5 は、少なくとも、TMR素子13に対向する面とは反対側の面およびビット線12の両側面が高透磁率層からなる磁束集中器52で囲まれ、ビット線12の側面に形成された高透磁率層からなる磁束集中器52の少なくとも一方はビット線12よりTMR素子13側に突き出した状態に形成されていることから、ビット
10 線12から発する電流磁界はTMR素子13の記憶層304に効率よく集中される。このため、書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともにビット線12のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮
15 小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

次に、本発明の第3磁気メモリ装置に係わる一実施の形態を、第16図に示す概略構成断面図によって説明する。第16図では、第3磁気メモリ装置の一実施の形態に係わる要部を示し、スイッチ
20 ング素子、センス線、ビット線等の図示は省略した。また、前記第1磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第16図に示すように、第3磁気メモリ装置3は、書き込みワード線11上に絶縁膜65を介して高透磁率層からなる磁束集
25 中器53が設けられていて、磁束集中器53上に絶縁膜66を介してTMR素子13が設けられているものである。

この磁束集中器 5 3 の側壁部分は T M R 素子 1 3 の側面方向に絶縁膜 6 6 を介して延長形成されていて、その先端部 5 3 s は、T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 3 の先端部 5 3 s と T M R 素子 1 3 との距離 x は、磁束集中器 5 3 の先端部 5 3 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m 以下とすることが好ましい。

また、上記磁束集中器 5 3 を構成する高透磁率材料としては、例えば最大透磁率 μ_{max} が 1 0 0 以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム (F e A l) 合金、フェライト合金、等を用いることができる。

磁気メモリ装置 3 の他の構成部品は、前記第 1 A 図乃至第 1 B 図で説明したのと同様である。なお、前記第 1 A 図乃至第 1 B 図によって説明した磁束集中器 5 1 は、形成されていなくてもよいが、T M R 素子 1 3 へ電流磁界をより効果的に集中できることから磁束集中器 5 1 は形成されているほうが好ましい。この構成については後述する。また、上記第 1 6 図によって説明した構成において、磁束集中器 5 3 は書き込みワード線 1 1 の上面に接続する状態に形成されていてもよい。

上記第 3 磁気メモリ装置 3 では、書き込みワード線 1 1 と T M R 素子 1 3 との間および T M R 素子 1 3 の側面側に、絶縁膜 6 5 を介して、高透磁率層からなる磁束集中器 5 3 が設けられている

ことから、書き込みワード線 1 1 から発する電流磁界は T M R 素子 1 3 の側面下部側の磁束集中器 5 3 によって T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに書き込みワード線 1 1 のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

10 次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係わる第 1 実施の形態を、第 1 7 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 1 7 図では、第 4 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態に係わる要部を示し、書き込みワード線、T M R 素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置と同様の構成部品に
15 は同一符号を付与する。

第 1 実施の形態の第 4 磁気メモリ装置 4 (4 a) の基本構成は、前記第 8 図と前記第 1 6 図によって説明した構成を組み合わせたものである。すなわち、第 1 7 図に示すように、第 1 実施の形態第 4 磁気メモリ装置 4 (4 a) は、書き込みワード線 1 1 に、
20 少なくとも、この書き込みワード線 1 1 の両側面およびこの書き込みワード線 1 1 上に絶縁膜 6 5、6 6 を介して形成される T M R 素子 1 3 に対向する面とは反対側の面を囲むように、高透磁率層からなる磁束集中器 (第 1 磁束集中器) 5 7 が設けられている。この磁束集中器 5 7 の側壁部分 (書き込みワード線 1 1 の側壁に
25 形成された部分) は、書き込みワード線 1 1 上面 (T M R 素子 1 3 側の面) と同等の高さに形成されている。

さらに、前記第 16 図によって説明したのと同様の磁束集中器（第 2 磁束集中器）53 が書き込みワード線 11 と TMR 素子 13 との間に設けられている。上記磁束集中器 53 の両側壁部分は TMR 素子 13 の側壁近傍に絶縁膜 66 を介して延長形成されてい
5 ていて、その先端部 53s は、TMR 素子 13 の記憶層 304 とキャップ層 313 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 303 と記憶層 304 との界面から記憶層 304 とキャップ層 313 との界面までの高さとする
10 ことが好ましい。また、磁束集中器 53 の先端部 53s と TMR 素子 13 との距離 x は、磁束集中器 53 の先端部 53s に集中させた電流磁束が記憶層 304 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 200 nm 以下とすることが好ましい。

また、上記磁束集中器 53、57 を構成する高透磁率材料としては、例えば最大透磁率 μ_r が 100 以上の軟磁性体を用いるこ
15 とができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム（FeAl）合金、フェライト合金、等を用いることができる。

次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係わる第 2 実施の形態を、
20 第 18 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 18 図では、第 4 磁気メモリ装置の第 2 実施の形態に係わる要部を示し、書き込みワード線、TMR 素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

25 第 18 図に示すように、第 2 実施の形態の磁気メモリ装置 4（4b）は、前記第 17 図によって説明した磁気メモリ装置 4a

において、磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 7 と書き込みワード線 1 1 との間に絶縁膜 6 1 を設けたものであり、その他の構成は、前記第 1 7 図によって説明した構成と同様である。

次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係わる第 3 実施の形態を、
5 第 1 9 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 1 9 図では、第 4 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態に係わる要部を示し、書き込みワード線、TMR 素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

10 第 1 9 図に示すように、第 3 実施の形態の磁気メモリ装置 4（4 c）は、書き込みワード線 1 1 の底部側および両側面に前記第 1 A 図によって説明した磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 1 を備え、さらに書き込みワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 との間に前記第 1 6 図によって説明した磁束集中器（第 2 磁束集中器）5 3
15 を備えたものである。上記磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s と上記磁束集中器 5 3 とは、絶縁膜 6 5 を介して離間された状態に形成されている。なお、図示はしないが、上記磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s と上記磁束集中器 5 3 とが接続されていてもよい。

20 次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置に係わる第 4 実施の形態を、第 2 0 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 2 0 図では、第 4 磁気メモリ装置の第 4 実施の形態に係わる要部を示し、書き込みワード線、TMR 素子、磁束集中器、一部絶縁膜以外の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置と同様の構成部品に
25 は同一符号を付与する。

第 2 0 図に示すように、第 4 実施の形態の磁気メモリ装置 4

(4 d) は、書き込みワード線 1 1 の底部側および両側面に絶縁膜 6 1 を介して前記第 1 1 図によって説明した磁束集中器 (第 1 磁束集中器) 5 1 を備え、さらに書き込みワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 との間に前記第 1 6 図によって説明した磁束集中器 (第 2 磁束集中器) 5 3 を備えたものである。上記磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s と上記磁束集中器 5 3 とは、絶縁膜 6 5 を介して離間された状態に形成されている。なお、図示はしないが、上記磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s と上記磁束集中器 5 3 とが接続されていてもよい。

上記第 4 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態～第 4 実施の形態は、例えば前記第 1 B 図によって説明した磁気メモリ装置において、磁束集中器 5 1 に代えて適用することができる。

上記第 4 磁気メモリ装置 4 (4 a ～ 4 d) では、書き込みワード線 1 1 には、少なくとも、書き込みワード線 1 1 の両側面および TMR 素子 1 3 に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器 (第 1 磁束集中器) 5 1 もしくは磁束集中器 (第 1 磁束集中器) 5 7 が設けられ、書き込みワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 との間および TMR 素子 1 3 の側面側に絶縁膜 6 6 を介して高透磁率層からなる磁束集中器 (第 2 磁束集中器) 5 3 が設けられていて、その先端部 5 3 s が記憶層 3 0 4 の高さに形成されていることから、書き込みワード線 1 1 から発する電流磁界は磁束集中器 5 1 もしくは磁束集中器 5 7 から磁束集中器 5 3 に伝達されて TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を下げる 것이可能になり、消費電流の低減が図れるとともに書き込みワード線 1 1 のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動

電流が少なくてすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

次に、本発明の第 5 磁気メモリ装置を説明する前に、一般的な
5 クロスポイント型の M R A M (Magnetic Random Access Memory)
を、第 2 1 図の主要部を簡略化して示した概略構成斜視図によっ
て説明する。

第 2 1 図に示すように、9 個のメモリセルを含み、相互に交差
する書き込みワード線 1 1 (1 1 1、1 1 2、1 1 3) およびピ
10 ット線 1 2 (1 2 1、1 2 2、1 2 3) を有する。それらの書き
込みワード線 1 1 とビット線 1 2 の交差領域には、書き込みワー
ド線 1 1 に接続するスイッチング素子 1 4 (1 4 1 ~ 1 4 9) と
このスイッチング素子 1 4 に接続するとともにビット線 1 2 に
接続するトンネル磁気抵抗 (T M R) 素子 1 3 (1 3 1 ~ 1 3 9)
15 が配置されている。上記 T M R 素子 1 3 は、トンネル絶縁膜を強
磁性体で挟んだ基本構成を有するものからなる。また、上記スイ
ッチング素子 1 4 は、例えば P N 接合素子からなる。

T M R 素子 1 3 への書き込みは、ビット線 1 2 および書き込み
ワード線 1 1 に電流を流し、それから発生する合成磁界によって
20 ビット線 1 2 と書き込みワード線 1 1 との交差領域に形成され
た T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 (詳細は第 5 図参照) の磁化方
向を磁化固定層 3 0 2 (詳細は第 5 図参照) に対して平行または
反平行に行う。

次に、本発明の第 5 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を、
25 第 2 2 図の概略構成断面図によって説明する。本発明の第 1 実施
の形態は、上記第 2 1 図によって説明した磁気メモリ装置におい

て、書き込みワード線から発する電流磁界を効率よく記憶層に集中させることができるようにしたものである。第 22 図では、本発明の主要部である書き込みワード線、スイッチング素子、TMR 素子、ビット線および一部の絶縁膜を示し、その他の構成部品の図示は省略した。なお、第 22 図は構成の概略を示す図であり、各構成部品の縮尺は一致させてはいない。

すなわち、その基本構成は、第 22 図に示すように、第 5 磁気メモリ装置 5 (5 a) は、書き込みワード線 11 とビット線 12 とが立体的に交差（ここでは直交）する状態に形成されている。この書き込みワード線 11 とビット線 12 との交差領域における書き込みワード線 11 上には、スイッチング素子 14 を介して上記ビット線 12 に接続する TMR 素子 13 が形成されている。このスイッチング素子 14 には、例えば p n 接合が用いられる。TMR 素子 13 とビット線 12 とは、TMR 素子の最上層に形成されるキャップ層 313 によって接続されている。

さらに書き込みワード線 11 には、少なくとも、この書き込みワード線 11 の両側面およびこの書き込みワード線 11 上に絶縁膜 46 を介して形成される TMR 素子 13 に対向する面とは反対側の面を囲むように、高透磁率層からなる磁束集中器 51 が設けられている。しかも書き込みワード線 11 の側面に形成された上記磁束集中器 51 の少なくとも一方（この図面では両方）は書き込みワード線 11 より TMR 素子 13 側方に突き出した状態に形成されている。

すなわち、上記磁束集中器 51 の TMR 素子 13 側に突き出した状態に形成されている部分は、上記 TMR 素子 13 に対し、絶縁膜 46 を介して TMR 素子 13 の側面近傍に延長形成されて

いる。磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s は、T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s と T M R 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m 以下とすることが好ましい。

10 また磁束集中器 5 1 を構成する高透磁率材料としては、例えば最大透磁率 μ_{max} が 1 0 0 以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム (F e A l) 合金、フェライト合金、等を用いることができる。

15 なお、図示したように、書き込みワード線 1 1 と磁束集中器 5 1 の間に電氣的絶縁層を設けない場合、磁束集中器 5 1 には電流損を防ぐため比抵抗率の高い軟磁性膜を用いることが望ましい。また図示したように、上記磁束集中器 5 1 は書き込みワード線 1 1 の両側面に形成された部分は書き込みワード線 1 1 より T M R 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されているが、その突き出した状態に形成される部分は書き込みワード線 1 1 の片方の側面に形成されているもののみでも良い。

25 次に、本発明の第 5 磁気メモリ装置に係わる第 2 実施の形態を、第 2 3 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 2 3 図では、第 5 磁気メモリ装置の第 2 実施の形態に係わる要部を示し、書き込みワード線、T M R 素子、磁束集中器および一部の絶縁膜以外

の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第 2 3 図に示すように、第 2 実施の形態に係わる第 5 磁気メモリ装置 5 (5 b) は、前記第 2 1 図の構成に対して前記第 1 0 図
5 によって説明したのと同様なる磁束集中器 5 1 を形成したものである。すなわち、前記第 2 2 図によって説明した磁束集中器 5 1 と書き込みワード線 1 1 との間に絶縁膜 6 1 が設けられているものである。言い換えれば、前記第 1 1 図の構成において、書き込みワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 との間にスイッチング素子 1 4 が形成され、このスイッチング素子 1 4 によって書き込み
10 ワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 が接続されているものである。

上記第 5 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態および第 2 実施の形態においても、各磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s は、前記第 1 磁気メモリ装置 1 の第 2 実施の形態で示したものと同様な構成
15 となっている。

上記第 5 磁気メモリ装置 5 では、書き込みワード線 1 1 に、少なくとも、書き込みワード線 1 1 の両側面および TMR 素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器 5 1 が設けられ、書き込みワード線 1 1 の側面に形成された高透磁率
20 層の少なくとも一方は書き込みワード線 1 1 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されていて、好ましくは記憶層 3 0 4 の高さに形成されていることから、第 1 磁気メモリ装置 1 と同様に、書き込みワード線 1 1 から発する電流磁界は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s まで伝達され、先端部 5 1 s 、5 1 s 間で最も強くなる。したがって、電流磁界は TMR 素子 1 3 の記憶層 3
25 0 4 に効率よく集中される。このため書き込みのための電流値を

下げることが可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第 1 配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

次に、本発明の第 6 磁気メモリ装置に係る第 1 実施の形態を、第 2 4 図の概略構成断面図によって説明する。本発明の第 1 実施の形態は、上記第 2 1 図によって説明した磁気メモリ装置において、ビット線から発する電流磁界を効率よく記憶層に集中させることができるようにしたものである。第 2 4 図では、本発明の主要部であるスイッチング素子、TMR 素子、ビット線および一部の絶縁膜を示し、その他の構成部品の図示は省略した。また、前記第 2 磁気メモリ装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第 2 4 図に示すように、第 1 実施の形態の磁気メモリ装置 6 (6 a) の基本構成は、書き込みワード線 1 1 とビット線 1 2 とが立体的に交差（例えば直交）する状態に形成されている。この書き込みワード線 1 1 とビット線 1 2 との交差領域における書き込みワード線 1 1 上には、スイッチング素子 1 4 を介して TMR 素子 1 3 が接続するように形成され、TMR 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 がビット線 1 2 に接続されている。さらにビット線 1 2 には、少なくとも、このビット線 1 2 の両側面およびこのビット線 1 2 に接続される TMR 素子 1 3 に対向する面とは反対側の面を囲むように、高透磁率層からなる磁束集中器 5 2 が設けられている。しかもビット線 1 2 の側面に形成された上記磁束集中器 5 2 の少なくとも一方（図面では両方）はビット線 1 2 より T

M R 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。

上記突き出した状態に形成されている部分の磁束集中器 5 2 は、上記 T M R 素子 1 3 に対して絶縁膜 6 3 を介して T M R 素子 1 3 の側方に延長形成されている。その先端部 5 2 s は、T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とトンネル絶縁膜 3 0 3 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s と T M R 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m 以下とすることが好ましい。

また、上記磁束集中器 5 2 を構成する高透磁率材料としては、例えば最大透磁率 μ_m が 1 0 0 以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム (F e A l) 合金、フェライト合金、等を用いることができる。

なお、図示したように、ビット線 1 2 と磁束集中器 5 2 の間に電氣的絶縁層を設けない場合、磁束集中器 5 2 には電流損を防ぐため比抵抗率の高い軟磁性膜を用いることが望ましい。また図示したように、上記磁束集中器 5 2 はビット線 1 2 の両側面に形成された部分はビット線 1 2 より T M R 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されているが、その突き出した状態に形成される部分はビット線 1 2 の片方の側面に形成されているもののみでも良い。

この第 6 磁気メモリ装置 6 (6 a) の他の構成部品は、前記第

1 A図乃至第1 B図によって説明した構成と同様である。なお、
前記第1 A図乃至第1 B図によって説明した磁束集中器5 1は、
形成されていなくてもよいが、TMR素子1 3へ電流磁界をより
効果的に集中できることから磁束集中器5 1は形成されている
5 ほうが好ましい。この場合、磁束集中器5 1の先端部5 1 sと磁
束集中器5 2の先端部5 2 sとは離間された状態に形成される
必要がある。

次に、本発明の第6磁気メモリ装置に係わる第2実施の形態を、
第2 5図に示す概略構成断面図によって説明する。第2 5図では、
10 第6磁気メモリ装置の第2実施の形態に係わる要部を示し、スイ
ッチング素子、TMR素子、ビット線および一部の絶縁膜を示し、
その他の構成部品の図示は省略した。また、前記第2磁気メモリ
装置と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第2 5図に示すように、第2実施の形態の第6磁気メモリ装置
15 6 (6 b)は、前記第2 4図の構成に対して前記第1 4図によっ
て説明したのと同様なる磁束集中器5 2を形成したものである。
すなわち、前記第2 4図によって説明した第1実施の形態の磁束
集中器5 2において、TMR素子1 3側のビット線1 2表面にも
高透磁率層7 2が形成されているものである。すなわち、高透磁
20 率層7 2は、TMR素子1 3の最上層のキャップ層3 1 3とビッ
ト線1 2とを接続するように形成されている。またTMR素子1
3の下面側は、スイッチング素子1 4を介して、上記ビット線1
2と立体的に交差（例えば直交）するもので図示はしない書き込
みワード線に接続されている。

25 上記磁束集中器5 2は、前記第1 4図によって説明したのと同
様に、上記ビット線1 2の側面に形成された高透磁率層の少なく

とも一方（図面では両方）は上記高透磁率層 7 2 より T M R 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。この磁束集中器 5 2 の側壁部分は T M R 素子 1 3 と絶縁膜 6 3 を介して形成されている。その先端部 5 2 s は、T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とトンネル絶縁膜 3 0 3 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s と T M R 素子 1 3 との距離 x は、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m 以下とすることが好ましい。

次に、本発明の第 6 磁気メモリ装置に係わる第 3 実施の形態を、第 2 6 図に示す概略構成断面図によって説明する。第 2 6 図では、第 6 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態に係わる要部を示し、スイッチング素子、T M R 素子、ビット線および一部の絶縁膜を示し、その他の構成部品の図示は省略した。また、前記第 1 磁気メモリ装置に係わる第 1 実施の形態と同様の構成部品には同一符号を付与する。

第 2 6 図に示すように、第 3 実施の形態の第 6 磁気メモリ装置 6 (6 c) は、前記第 2 4 図の構成に対して前記第 1 5 図によって説明したのと同様なる磁束集中器 5 2 を形成したものである。すなわち、前記第 2 4 図によって説明した磁束集中器 5 2 とビット線 1 2 との間に絶縁膜 6 4 を設けたものである。また T M R 素子 1 3 の下面側は、スイッチング素子 1 4 を介して、上記ビット線 1 2 と立体的に交差（例えば直交）するもので図示はしない書

き込みワード線に接続されている。

上記磁束集中器 5 2 は、前記第 1 5 図によって説明したのと同様に、上記ビット線 1 2 の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方（図面では両方）は上記ビット線 1 2 より T M R 素子 1 3 の側方に突き出した状態に形成されている。この磁束集中器 5 2 の側壁部分は T M R 素子 1 3 と絶縁膜 6 3 を介して形成されている。その先端部 5 2 s は、T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とトンネル絶縁膜 3 0 3 との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との
10 界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s と T M R 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする
15 必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m 以下とすることが好ましい。

上記第 6 磁気メモリ装置 6（6 a ～ 6 c）では、ビット線 1 2 に、少なくとも、ビット線 1 2 の両側面および T M R 素子 1 3 に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器 5 2 が設けられている。この磁束集中器 5 2 は、ビット線 1 2 側方に形成されたこの磁束集中器 5 2 の高透磁率層の少なくとも一
20 方（各図面では両方）が、ビット線 1 2 より T M R 素子 1 3 側に突き出した状態に形成されている。例えば磁束集中器 5 2 の側壁部分の先端部 5 2 s が記憶層 3 0 4 の高さに形成されていることから、前記第 2 磁気メモリ装置 2 と同様に、ビット線 1 2 から
25 発する電流磁界は、先端部 5 2 s まで伝達され、その先端部 5 2 s、5 2 s 間で最も強くなる。したがって、電流磁界は T M R 素

子 1 3 の記憶層 3 0 4 に効率よく集中される。このため書き込み
のための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図
れるとともにビット線 1 2 のエレクトロマイグレーションに対
する寿命が高められる。また駆動電流が少なくすむことから電
5 流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。
さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減
される。

次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施
の形態を、第 2 7 A 図乃至第 2 7 E 図の製造工程断面図によって
10 説明する。ここでは、書き込みワード線より下層の配線および読
み出し用素子（例えば絶縁ゲート型電界効果トランジスタ）は従
来の方法で作製されるため、説明の記載は省略する。

第 2 7 A 図に示すように、第 1 絶縁膜 4 1 上にはセンス線 1 5、
第 1 ランディングパッド 3 1 等が形成されている。これらの配線
15 は、例えば 6 0 0 n m の厚さの金属膜もしくは導電性金属化合物
膜もしくは導電性ポリシリコン膜で形成されている。また、第 1
絶縁膜 4 1 には、図示していない読み出しトランジスタの拡散層
に接続されるもので第 1 ランディングパッド 3 1 に接続するコ
ンタクト 3 0 が形成されている。なお、センス線 1 5 より読み出
20 しトランジスタの別の拡散層に接続されるコンタクトの図示は
省略した。

上記第 1 絶縁膜 4 1 上に、上記センス線 1 5、第 1 ランディン
グパッド 3 1 等を覆う第 2 絶縁膜 4 2 を形成する。この第 2 絶縁
膜 4 2 は、例えば高密度プラズマ C V D（Chemical Vapor
25 Deposition）法により H D P 膜を例えば 8 0 0 n m の厚さに形
成し、さらに、プラズマ T E O S（テトラエトキシシラン）- C

V D 法によって、P - T E O S 膜を例えば 1 2 0 0 n m の厚さに形成する。その後、化学的機械研磨によって、第 2 絶縁膜 4 2 を研磨、平坦化し、センス線 1 5、第 1 ランディングパッド 3 1 上に例えば 7 0 0 n m の厚さの第 2 絶縁膜 4 2 を残す。

- 5 次 に、リソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、第 2 絶縁膜 4 2 にセンス線 1 5、第 1 ランディングパッド 3 1 等に達するビアホール 4 2 h を形成する。図面ではセンス線 1 5 に達するビアホールの図示は省略した。

- 10 次いで通常のタングステンプラグ形成技術によって、上記ビアホール 4 2 h 内にタングステンを埋め込み、タングステンプラグからなるコンタクト 3 2 を形成する。なお、タングステンの成膜は例えば化学的気相成長法、スパッタリング等の既存の成膜技術により行い、第 2 絶縁膜 4 2 上に形成される余剰なタングステン膜の除去は、例えば化学的機械研磨もしくはエッチバックにより
15 行えばよい。

- 次 に、第 2 絶縁膜 4 2 上に第 3 絶縁膜の一部となる絶縁膜 4 3 1 を形成する。この絶縁膜 4 3 1 には、P - T E O S 膜を例えば 5 0 0 n m の厚さに形成したものを用いる。上記絶縁膜 4 3 1 の膜厚は、後に形成する磁束集中器の側壁部分の高さを決定することになるので、磁束集中器の側壁部分の先端部が後に形成する T M R 素子の記憶層の高さとなるように決定される。次いで、リソグラフィ技術とエッチング技術とにより、絶縁膜 4 3 1 に書き込みワード線を形成するための配線溝 4 3 t 1 と第 2 ランディングパッドを形成するための配線溝 4 3 t 2 を形成する。
20

- 25 次 に、第 2 7 B 図に示すように、P V D (Physical Vapor Deposition) 法によって、上記配線溝 4 3 t 1、4 3 t 2 内面お

よび絶縁膜 4 3 1 表面に、バリアメタル（図示せず）、高透磁率層 7 3、配線材料層 8 1 を順に成膜する。

上記バリアメタルは、例えばチタン（T i）を 5 n m の厚さに堆積した後、窒化チタン（T i N）を 2 0 n m の厚さに堆積して形成する。

上記高透磁率層 7 3 は、例えば最大透磁率 μ_{max} が 1 0 0 以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、鉄・アルミニウム（F e A l）合金、フェライト合金、等を用いることができ、例えば 1 0 0 n m の厚さに形成する。その他にも、例えば最大透磁率 μ_{max} が 1 0 0 以上であれば、例えばコバルト（C o）、鉄（F e）、ニッケル（N i）のいずれかを含む金属化合物、金属酸化物もしくは金属窒化物を用いることができる。

上記配線材料層 8 1 は、アルミニウム（A l）、銅（C u）もしくはアルミニウム－銅（A l－C u）合金を例えば 4 5 0 n m の厚さに形成する。

その後、化学的機械研磨によって、絶縁膜 4 3 1 上の余剰な上記配線材料層 8 1 ないしバリアメタル（図示せず）を除去して、各配線溝 4 3 t 1、4 3 t 2 内に上記配線材料層 8 1 ないしバリアメタル（図示せず）を残し、書き込みワード線 1 1 および第 2 ランディングパッド 3 3 を形成する。さらにエッチバックにより、各配線溝 4 3 t 1、4 3 t 2 内の配線材料層 8 1 のみを例えば 1 0 0 n m の深さに後退させ、書き込みワード線 1 1 の側面上方に高透磁率層 7 3 が露出するようにする。このようにして、高透磁率層 7 3 からなる磁束集中器 5 1 が形成される。

次に、第 2 7 C 図に示すように、上記絶縁膜 4 3 1 上に、第 3

絶縁膜 4 3 の一部となる絶縁膜 4 3 2 を、例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3) 膜を 20 nm の厚さに堆積して形成する。これによって、第 3 絶縁膜 4 3 が形成される。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、フォトレジストをマスクにして絶縁膜 4 3 2 のエッチングを行い、第 2 ランディングパッド 3 3 上の絶縁膜 4 3 2 に、これから形成される TMR 素子と第 2 ランディングパッド 3 3 との接続を図る開口部 4 3 2 h を形成する。なお、上記絶縁膜 4 3 2 は、酸化アルミニウム以外の絶縁材料（例えば酸化シリコン、窒化シリコン等）により形成することも可能である。

続いて、PVD 法によって、上記開口部 4 3 2 h 内を含む第 3 絶縁膜 4 3 上に、バリア層（図示せず）、反強磁性体層 3 0 5、強磁性体からなる磁化固定層 3 0 2、トンネル絶縁膜 3 0 3、強磁性体からなる記憶層 3 0 4、キャップ層 3 1 3 を順次形成する。

上記バリア層には、窒化チタン、タンタルもしくは窒化タンタルを用いる。

上記反強磁性体層 3 0 5 には、例えば、鉄・マンガン合金、ニッケル・マンガン合金、白金マンガン合金、イリジウム・マンガン合金、ロジウム・マンガン合金、コバルト酸化物およびニッケル酸化物のうちの 1 種を用いる。この反強磁性体層 3 0 5 は、TMR 素子 1 3 と直列に接続されるスイッチング素子との接続に用いられる下地導電層を兼ねることも可能である。したがって、本実施の形態では、反強磁性体層 3 0 5 を TMR 素子 1 3 と図示はしていないスイッチング素子との接続配線の一部として用いている。

上記磁化固定層 3 0 2 には、例えば、ニッケル、鉄もしくはコ

バルト、またはニッケル、鉄およびコバルトのうちの少なくとも
2種からなる合金のような、強磁性体を用いる。この磁化固定層
302は、反強磁性体層305と接する状態に形成されていて、
磁化固定層302と反強磁性体層305との層間に働く交換相
5 互作用によって、磁化固定層302は、強い一方向の磁気異方性
を有している。すなわち、磁化固定層302は反強磁性体層30
5との交換結合によって磁化の方向がピンング(pinning)される。

なお、上記磁化固定層302は、導電層を挟んで磁性層を積層
した構成としてもよい。例えば、反強磁性体層305側から、第
10 1の磁化固定層と磁性層が反強磁性的に結合するような導電体
層と第2の磁化固定層とを順に積層した多層構造としてもよい。
この磁化固定層302は、3層以上の強磁性体層を、導電体層を
挟んで積層させた構造であってもよい。上記導電体層には、例え
ば、ルテニウム、銅、クロム、金、銀等を用いることができる。

15 上記トンネル絶縁膜303は、上記記憶層304と上記磁化固
定層302との磁氣的結合を切るとともに、トンネル電流を流す
ための機能を有する。そのため、通常は厚さが0.5nm~5nm
の酸化アルミニウムが使われるが、例えば、酸化マグネシウム、
酸化シリコン、窒化アルミニウム、窒化マグネシウム、窒化シリ
20 コン、酸化窒化アルミニウム、酸化窒化マグネシウムもしくは酸
化窒化シリコンを用いてもよい。上記したようにトンネル絶縁膜
303の膜厚は、0.5nm~5nmと非常に薄いため、ALD
(Atomic Layer Deposition)法により形成する。もしくはスパ
ッタリングによってアルミニウム等の金属膜を堆積した後にプ
ラズマ酸化もしくは窒化を行って形成する。
25

上記記憶層304には、例えば、ニッケル、鉄もしくはコバル

ト、またはニッケル、鉄およびコバルトのうちの少なくとも2種からなる合金のような、強磁性体を用いる。この記憶層304は外部印加磁場によって磁化の方向が下層の磁化固定層302に対して、平行又は反平行に変えることができる。

- 5 上記キャップ層313は、TMR素子と別のTMR素子とを接続する配線との相互拡散防止、接触抵抗低減および記憶層304の酸化防止という機能を有する。通常、銅、窒化タンタル、タンタル、窒化チタン等の材料により形成されている。

- 10 次に、第27D図に示すように、リソグラフィ技術とエッチング（例えば反応性イオンエッチング）技術とにより、フォトレジストをマスクにして、TMR素子13を形成するための積層膜（キャップ層313～反強磁性体層305）をエッチングし、まずキャップ層313～磁化固定層302の積層膜でTMR素子13を形成する。このエッチングでは、例えばトンネル絶縁膜3
15 03から磁化固定層302の途中でエッチングが終わるように終点を設定する。エッチングガスには塩素（Cl）を含んだハロゲンガスもしくは一酸化炭素（CO）にアンモニア（NH₃）を添加したガス系を用いる。その後、上記フォトレジストを除去する。

- 20 次いで、リソグラフィ技術とエッチング（例えば反応性イオンエッチング）技術とにより、フォトレジストをマスクにして、TMR素子13と第2ランディングパッド33とを接続するためのバイパス線16を、例えば磁化固定層302と反強磁性体層305とにより形成する。この構成では、書き込みワード線11の
25 下部および側面側に形成した高透磁率層73が書き込みワード線11の上面よりもTMR素子13側に張り出しているため、書

き込みワード線 1 1 により発生される電流磁界が T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に効率良く印加される。

次に、第 2 7 E 図に示すように、第 3 絶縁膜 4 3 上に、T M R 素子 1 3、バイパス線 1 6 等を覆う第 4 絶縁膜 4 4 を形成する。

5 この第 4 絶縁膜 4 4 は、例えば C V D 法もしくは P V D 法によって、酸化シリコンもしくは酸化アルミニウム等で形成される。その後、化学的機械研磨によって第 4 絶縁膜 4 4 表面を平坦化研磨して、T M R 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 上面を露出させる。

次に標準的な配線形成技術によって、ビット線 1 2 および周辺
10 回路の配線（図示せず）、ボンディングパッド領域（図示せず）を形成する。さらに全面に保護膜となる第 5 絶縁膜（図示せず）を、例えばプラズマ窒化シリコン膜で形成した後、ボンディングパッド部を開口して磁気メモリ装置のウエハプロセスを完了させる。なお、磁束集中器 5 1 側壁部分の先端部 5 1 s の高さは、
15 配線溝 4 3 t 1 の深さを深く形成することにより、T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 と同程度の高さに形成することは可能である。

次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を、第 2 8 A 図乃至第 2 8 E 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、書き込みワード線より下層の配線および読
20 み出し用素子（例えば絶縁ゲート型電界効果トランジスタ）は従来の方法で作製されるため、説明は省略する。

第 2 8 A 図に示すように、第 1 絶縁膜 4 1 上にはセンス線 1 5、第 1 ランディングパッド 3 1 等が形成されている。これらの配線は、例えば 6 0 0 n m の厚さの金属膜もしくは導電性金属化合物
25 膜もしくは導電性ポリシリコン膜で形成されている。また、第 1 絶縁膜 4 1 には、図示していない読み出しトランジスタの拡散層

に接続されるもので第 1 ランディングパッド 3 1 に接続するコンタクト 3 0 が形成されている。なお、センス線 1 5 より読み出しトランジスタの別の拡散層に接続されるコンタクトの図示は省略した。上記第 1 絶縁膜 4 1 上に、上記センス線 1 5、第 1 ランディングパッド 3 1 等を覆う第 2 絶縁膜 4 2 を形成する。この第 2 絶縁膜 4 2 は、例えば高密度プラズマ C V D 法により H D P 膜を例えば 8 0 0 n m の厚さに形成し、さらに、プラズマ T E O S (テトラエトキシシラン) - C V D 法によって、P - T E O S 膜を例えば 1 2 0 0 n m の厚さに形成する。その後、化学的機械研磨によって、第 2 絶縁膜 4 2 を研磨、平坦化し、センス線 1 5、第 1 ランディングパッド 3 1 上に例えば 7 0 0 n m の厚さの第 2 絶縁膜 4 2 を残す。

次に、リソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、第 2 絶縁膜 4 2 にセンス線 1 5、第 1 ランディングパッド 3 1 等に達するビアホール 4 2 h を形成する。図面ではセンス線 1 5 に達するビアホールの図示は省略した。次いで通常のタングステンプラグ形成技術によって、上記ビアホール 4 2 h 内にタングステンを埋め込み、タングステンプラグからなるコンタクト 3 2 を形成する。なお、タングステンの成膜は例えば化学的気相成長法、スパッタリング等の既存の成膜技術により行い、第 2 絶縁膜 4 2 上に形成される余剰なタングステン膜の除去は、例えば化学的機械研磨もしくはエッチバックにより行えばよい。

次に、P V D 法によって、上記第 2 絶縁膜 4 2 表面に、バリアメタル (図示せず)、高透磁率層 7 3、書き込みワード線やランディングパッドを形成するための配線材料層 8 1 を成膜する。

上記バリアメタルは、例えばチタン (T i) を 5 n m の厚さに

堆積した後、窒化チタン (TiN) を 20 nm の厚さに堆積して形成する。

上記高透磁率層 73 は、例えば最大透磁率 μ_r が 100 以上の軟磁性体を用いることができ、具体的には、一例としてニッケル・鉄・コバルトを含む合金、フェライト合金、等を用いることができ、例えば 100 nm の厚さに形成する。その他にも、例えば最大透磁率 μ_r が 100 以上であれば、例えばコバルト (Co)、鉄 (Fe)、ニッケル (Ni) のいずれかを含む金属化合物、金属酸化物もしくは金属窒化物を用いることができる。

- 10 上記配線材料層 81 は、アルミニウム (Al)、銅 (Cu) もしくはアルミニウム-銅 (Al-Cu) 合金を例えば 300 nm の厚さに形成する。

続いて、ダミー膜 82 を、例えばプラズマ窒化シリコン膜を例えば 40 nm の厚さに堆積して形成する。

- 15 次に、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、フォトレジストをマスクに用いて、上記ダミー膜 82、配線材料層 81、高透磁率層 73、バリアメタル (図示せず) を順次エッチングして、上記ダミー膜 82 を載せた状態で、書き込みワード線 11、コンタクト 32 に接続する第 2 ランディングパッド 33 を形成
20 する。

- 次に、第 28B 図に示すように、PVD 法によって、上記第 2 絶縁膜 42 上に上記ダミー膜 82 [前記第 28A 図参照] を覆う高透磁率層を形成した後、高透磁率層の全面をエッチバックして、ダミー膜 82 を載せた書き込みワード線 11、第 2 ランディング
25 パッド 33 の各側壁に高透磁率サイドウォール 74S を形成する。このようにして、高透磁率層 73 と高透磁率サイドウォール

7 4 S とからなる磁束集中器 5 1 が形成される。続いて、選択的エッチングによりダミー膜 8 2 のみを除去する。なお、この工程では、第 2 ランディングパッド 3 3 の側壁にも書き込みワード線 1 1 の側壁と同様な高透磁率サイドウォール 7 4 S が形成される。この高透磁率サイドウォール 7 4 S は、磁束集中器 5 1 の側壁部分となるため、その先端部 5 1 s の高さは、上記ダミー膜 8 2 の膜厚によって調整される。その先端部 5 1 s は、後に形成される TMR 素子の記憶層とキャップ層との界面と同等の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜と記憶層との界面から記憶層とキャップ層との界面までの高さとするのが好ましい。また、高透磁率サイドウォール 7 4 S と TMR 素子 1 3 との距離は、先端部 5 1 s に集中させた電流磁束が記憶層に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 200 nm 以下とすることが好ましい。

次に、第 2 8 C 図に示すように、第 2 絶縁膜 4 2 上に書き込みワード線 1 1、第 2 ランディングパッド 3 3、磁束集中器 5 1 等を覆う第 3 絶縁膜 4 3 を、例えば酸化アルミニウム (Al_2O_3) を例えば 20 nm の厚さに堆積して形成した後、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、フォトレジストをマスクにして第 3 絶縁膜 4 3 のエッチングを行い、これから形成される TMR 素子と第 2 ランディングパッド 3 3 との接続を図る開口部 4 3 h を形成する。

続いて、PVD 法によって、上記開口部 4 3 h を含む第 3 絶縁膜 4 3 上に、バリア層 (図示せず)、反強磁性体層 3 0 5、強磁性体からなる磁化固定層 3 0 2、トンネル絶縁膜 3 0 3、強磁性体からなる記憶層 3 0 4、キャップ層 3 1 3 を順次形成する。

バリア層（図示せず）、反強磁性体層 305、磁化固定層 302、トンネル絶縁膜 303、強磁性体からなる記憶層 304 およびキャップ層 313 は、前記第 1 実施の形態で説明したのと同様の材料を用いて形成することができる。

5 次に、第 28D 図に示すように、リソグラフィ技術とエッチング（例えば反応性イオンエッチング）技術とにより、フォトレジストをマスクにして、TMR 素子 13 を形成するための積層膜（キャップ層 313～反強磁性体層 305）をエッチングし、ま
10 ずキャップ層 313～磁化固定層 302 の積層膜で TMR 素子 13 を形成する。このエッチングでは、例えばトンネル絶縁膜 303 から磁化固定層 302 の途中でエッチングが終わるように終点を設定する。エッチングガスには塩素（Cl）を含んだハロゲンガスもしくは一酸化炭素（CO）にアンモニア（NH₃）を
15 添加したガス系を用いる。その後、上記フォトレジストを除去する。

次いで、リソグラフィ技術とエッチング（例えば反応性イオンエッチング）技術とにより、フォトレジストをマスクにして、TMR 素子 13 と第 2 ランディングパッド 33 とを接続するためのバイパス線 16 を、例えば磁化固定層 302 と反強磁性体層 3
20 05 とにより形成する。この構成では、書き込みワード線 11 の下部および側面側に形成した磁束集中器 51 が TMR 素子 13 の側面近傍に張り出しているため、書き込みワード線 11 により発生される電流磁界が TMR 素子 13 の記憶層 304 に効率良く印加される。

25 次に、第 28E 図に示すように、第 3 絶縁膜 43 上に、TMR 素子 13、バイパス線 16 等を覆う第 4 絶縁膜 44 を形成する。

この第4絶縁膜44は、例えばCVD法もしくはPVD法によって、酸化シリコンもしくは酸化アルミニウム等で形成される。その後、化学的機械研磨によって第4絶縁膜44表面を平坦化研磨して、TMR素子13のキャップ層313上面を露出させる。

- 5 次に標準的な配線形成技術によって、ビット線12および周辺回路の配線（図示せず）、ボンディングパッド領域（図示せず）を形成する。さらに全面に保護膜となる第5絶縁膜（図示せず）を、例えばプラズマ窒化シリコン膜で形成した後、ボンディングパッド部を開口して磁気メモリ装置のウエハプロセスを完了させる。
- 10

次に、本発明の第1磁気メモリ装置の製造方法に係る第3実施の形態を、第29A図乃至第29F図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、書き込みワード線より下層の配線および読み出し用素子（例えば絶縁ゲート型電界効果トランジスタ）は従来の方法で作製されるため、説明は省略する。

15

- 第29A図に示すように、第1絶縁膜41上にはセンス線15、第1ランディングパッド31等が形成されている。これらの配線は、例えば600nmの厚さの金属膜もしくは導電性金属化合物膜もしくは導電性ポリシリコン膜で形成されている。また、第1
- 20 絶縁膜41には、図示していない読み出しトランジスタの拡散層に接続されるもので第1ランディングパッド31に接続するコンタクト30が形成されている。なお、センス線15より読み出しトランジスタの別の拡散層に接続されるコンタクトの図示は省略した。上記第1絶縁膜41上に、上記センス線15、第1ランディングパッド31等を覆う第2絶縁膜42を形成する。この
- 25 第2絶縁膜42は、例えば高密度プラズマCVD法によりHDP

膜を例えば 800 nm の厚さに形成し、さらに、プラズマ T E O S (テトラエトキシシラン) - C V D 法によって、P - T E O S 膜を例えば 1200 nm の厚さに形成する。その後、化学的機械研磨によって、第 2 絶縁膜 42 を研磨、平坦化し、センス線 15、
5 第 1 ランディングパッド 31 上に例えば 700 nm の厚さの第 2 絶縁膜 42 を残す。

次に、リソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、第 2 絶縁膜 42 にセンス線 15、第 1 ランディングパッド 31 等に達するビアホール 42 h を形成する。図面ではセンス線 15 に達する
10 ビアホールの図示は省略した。次いで通常のタングステンプラグ形成技術によって、上記ビアホール 42 h 内にタングステンを埋め込み、タングステンプラグからなるコンタクト 32 を形成する。なお、タングステンの成膜は例えば化学的気相成長法、スパッタリング等の既存の成膜技術により行い、第 2 絶縁膜 42 上に形成
15 される余剰なタングステン膜の除去は、例えば化学的機械研磨もしくはエッチバックにより行えばよい。

次に、第 2 絶縁膜 42 上に第 3 絶縁膜 43 を形成する。この第 3 絶縁膜 43 には、P - T E O S 膜を例えば 400 nm の厚さに形成したものを用いる。次いで、リソグラフィ技術とエッチング
20 技術とにより、第 3 絶縁膜 43 に書き込みワード線を形成するための配線溝 43 t 1 と第 2 ランディングパッドを形成するための配線溝 43 t 2 を形成する。

次に、第 29 B 図に示すように、P V D 法によって、上記配線溝 43 t 1、43 t 2 内面および第 3 絶縁膜 43 表面に、バリア
25 メタル (図示せず)、高透磁率層 73、配線材料層 81 を順に成膜する。バリアメタル (図示せず)、高透磁率層 73、配線材料

層 8 1 は、前記第 1 実施の形態で説明したのと同様な材料を用いて形成することができる。

その後、化学的機械研磨によって、第 3 絶縁膜 4 3 上の余剰な上記配線材料層 8 1 ないしバリアメタル（図示せず）を除去して、
5 各配線溝 4 3 t 1、4 3 t 2 内に上記配線材料層 8 1 ないしバリアメタル（図示せず）を残し、書き込みワード線 1 1 および第 2 ランディングパッド 3 3 を形成する。

次に、第 2 9 C 図に示すように、第 3 絶縁膜 4 3 の一部となる絶縁膜 4 3 2 を、例えば酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）膜を例
10 えば 20 nm の厚さに堆積して形成する。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、フォトレジストをマスクにして絶縁膜 4 3 2 のエッチングを行い、第 2 ランディングパッド 3 3 上の絶縁膜 4 3 2 に、これから形成される TMR 素子と第 2 ランディングパッド 3 3 との接続を図る開口部 4 3 2 h を形成す
15 る。なお、上記絶縁膜 4 3 2 は、酸化アルミニウム以外の絶縁材料（例えば酸化シリコン、窒化シリコン等）により形成することも可能である。

続いて、PVD 法によって、上記開口部 4 3 2 h 内を含む第 3 絶縁膜 4 3 上に、バリア層（図示せず）、反強磁性体層 3 0 5、
20 強磁性体からなる磁化固定層 3 0 2、トンネル絶縁膜 3 0 3、強磁性体からなる記憶層 3 0 4、キャップ層 3 1 3 を順次形成する。上記トンネル絶縁膜 3 0 3 は、上記記憶層 3 0 4 と上記磁化固定層 3 0 2 との磁氣的結合を切るとともに、トンネル電流を流すための機能を有する。そのため、0.5 nm～5 nm 程度の厚さに
25 形成される。

バリア層（図示せず）、反強磁性体層 3 0 5、磁化固定層 3 0

2、トンネル絶縁膜 303、強磁性体からなる記憶層 304 およびキャップ層 313 は、前記第 1 実施の形態で説明したのと同様の材料を用いて形成することができる。

次に、第 29D 図に示すように、リソグラフィ技術とエッチング（例えば反応性イオンエッチング）技術とにより、フォトレジストをマスクにして、その後形成する TMR 素子と第 2 ランディングパッド 33 とを接続するためのバイパス線となるパターン 17 を、例えばキャップ層 313 ないし絶縁膜 432 からなる積層膜により形成する。次に、上記パターン 17 を覆う絶縁膜を、例えば 30 nm 程度の厚さのプラズマ窒化シリコン膜、酸化シリコン膜もしくは酸化アルミニウム膜で形成した後、異方性エッチングによりこの絶縁膜をエッチバックして絶縁膜サイドウォール 91S を形成する。さらに、PVD 法によって、高透磁率層を形成した後、この高透磁率層をエッチバックして、絶縁膜サイドウォール 91S の側面に高透磁率サイドウォール 75S を形成する。このようにして、高透磁率層 73 と高透磁率サイドウォール 75S とからなる磁束集中器 51 が構成される。この磁束集中器 51 の高透磁率サイドウォール 75S の先端部 75s の高さは、上記記憶層 304 とキャップ層 313 との界面以下とし、好ましくは、トンネル絶縁膜 303 と記憶層 304 との界面から記憶層 304 とキャップ層 313 との界面との間とする。

次に、第 29E 図に示すように、リソグラフィ技術とエッチング（例えば反応性イオンエッチング）技術とにより、フォトレジストをマスクにして、TMR 素子を形成するための積層膜（キャップ層 313 ～ 反強磁性体層 305）をエッチングして、TMR 素子 13 を形成する。このエッチングでは、例えばトンネル絶縁

膜 3 0 3 から磁化固定層 3 0 2 の途中でエッチングが終わるように終点を設定する。エッチングガスには塩素 (C l) を含んだハロゲンガスもしくは一酸化炭素 (C O) にアンモニア (N H₃) を添加したガス系を用いる。この結果、T M R 素子 1 3 が形成され、T M R 素子 1 3 と第 2 ランディングパッド 3 3 とを接続するためのバイパス線 1 6 が反強磁性体層 3 0 5 と磁化固定層 3 0 2 とで形成される。

次に、第 2 9 F 図に示すように、第 3 絶縁膜 4 3 上に、T M R 素子 1 3、バイパス線 1 6 等を覆う第 4 絶縁膜 4 4 を形成する。この第 4 絶縁膜 4 4 は、例えば C V D 法もしくは P V D 法によって、酸化シリコンもしくは酸化アルミニウム等で形成される。その後、化学的機械研磨によって第 4 絶縁膜 4 4 表面を平坦化研磨して、T M R 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 上面を露出させる。

次に標準的な配線形成技術によって、ビット線 1 2 および周辺回路の配線 (図示せず)、ボンディングパッド領域 (図示せず) を形成する。さらに全面に保護膜となる第 5 絶縁膜 (図示せず) を、例えばプラズマ窒化シリコン膜で形成した後、ボンディングパッド部を開口して磁気メモリ装置のウエハプロセスを完了させる。

上記製造方法では、書き込みワード線 1 1 の周囲に形成された高透磁率層 7 3 と高透磁率サイドウォール 7 5 S とが接続されて磁束集中器 5 1 が形成されるとともに、この磁束集中器 5 1 の高透磁率サイドウォール 7 5 S が T M R 素子 1 3 の側面近傍に張り出した状態に形成されるため、書き込みワード線 1 1 により発生される電流磁界が T M R 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に効率良く印加されることになる。

次に、本発明の第1磁気メモリ装置の製造方法に係る第4実施の形態を、第30A図乃至第30B図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第10図によって説明した第1磁気メモリ装置の第3実施の形態の基本構成を得る製造方法を示す。

- 5 第30A図に示すように、この製造方法は、前記第28A図によって説明した製造方法において、PVD法によって、第2絶縁膜42表面に、バリアメタル（図示せず）、高透磁率層73、書き込みワード線やランディングパッドを形成するための配線材料層81を成膜した後、高透磁率層76を成膜する。次いで、ダミー膜82を例えばプラズマ窒化シリコンを例えば40nmの厚さに堆積して形成する。その後の工程は、前記第28A図乃至第28E図によって説明したのと同様である。

- この結果、第30B図に示すように、書き込みワード線11の周囲を、高透磁率層73、高透磁率サイドウォール74Sおよび高透磁率層76によって取り囲むとともにTMR素子13の側方に高透磁率サイドウォール74Sが延長形成された磁束集中器51（51b）が形成される。この磁束集中器51の側壁部分となる高透磁率サイドウォール74Sの先端部51sは、上記第1磁気メモリ装置の製造方法に係る第2実施の形態と同様に設定されて形成される。その後の製造工程は、前記第28C図以降によって説明した製造方法により行えば良い。

- 次に、本発明の第1磁気メモリ装置の製造方法に係る第5実施の形態を、第31A図乃至第31B図の概略構成断面図によって説明する。ここでは、前記第10図によって説明した第1磁気メモリ装置の第3実施の形態の製造方法を示す。

第31A図に示すように、この製造方法は、前記第28A図に

よって説明した製造方法において、PVD法によって、第2絶縁膜42表面に、バリアメタル（図示せず）、高透磁率層73、絶縁膜92を成膜する。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術とを用いて、絶縁膜92を貫通して高透磁率層73もしくはコ

5 ンタクト32に達する開口部92hを形成する。

次いで、上記開口部92h内も含めて上記絶縁膜92上に、書き込みワード線やランディングパッドを形成するための配線材料層81を形成し、さらにダミー膜82を例えばプラズマ窒化シリコンを40nmの厚さに堆積して形成する。

10 次に、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、フォトレジストをマスクに用いて、上記ダミー膜82、配線材料層81、絶縁膜92を順次エッチングして、上記ダミー膜82を載せた状態で、配線材料層81からなる書き込みワード線11、コ

ンタクト32に接続する第2ランディングパッド33を形成する。

15 次に、第31B図に示すように、CVD法によって、上記第2絶縁膜42上に上記ダミー膜82を覆う絶縁膜を形成した後、絶縁膜の全面をエッチバックして、ダミー膜82を載せた書き込みワード線11、第2ランディングパッド33の各側壁に絶縁膜サイドウォール91Sを形成する。この絶縁膜サイドウォール91

20 Sは、少なくとも上記絶縁膜92に接続され、かつ上記ダミー膜82の側壁を覆う状態に形成される。

続いてPVD法によって、上記第2絶縁膜42上に上記プラズマ窒化シリコン膜や絶縁膜サイドウォール91Sを覆う高透磁率層を形成した後、高透磁率層の全面をエッチバックして、ダミ

25 ー膜82を載せた書き込みワード線11、第2ランディングパッド33の各側壁に高透磁率サイドウォール75Sを形成する。こ

の際、この磁束集中器 5 1 の側壁部分となる高透磁率サイドウォール 7 5 S の先端部 7 5 s は、上記第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態の高透磁率サイドウォール 7 4 S と同様に設定されて形成される。このようにして、書き込みワード線 1 1 の周囲を、絶縁膜 9 2、絶縁膜サイドウォール 9 1 S を介して、高透磁率層 7 3、高透磁率サイドウォール 7 5 S および高透磁率層によって囲むとともに TMR 素子 1 3 側に高透磁率サイドウォール 7 5 S が延長形成された磁束集中器 5 1 (5 1 c) が形成される

- 10 続いて、選択的エッチングによりダミー膜 8 2 のみを除去する。なお、上記高透磁率サイドウォール 7 5 S を形成するエッチバック時に、上記高透磁率層 7 3、バリアメタル (図示せず) を除去する。なお、高透磁率層 7 3 およびバリアメタルの不要部分の除去は、絶縁膜サイドウォール 9 1 S の形成後に行うこともできる。
- 15 その後の工程は、前記第 2 8 C 図以降によって説明した工程と同様である。

- 次に、本発明の第 1 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 6 実施の形態を、第 3 2 A 図乃至第 3 2 B 図の概略構成断面図によって説明する。ここでは、前記第 1 1 図によって説明した第 1 磁気メモリ装置の第 4 実施の形態の製造方法を示す。

- 20 第 3 2 A 図に示すように、この製造方法は、前記第 3 1 A 図によって説明した製造方法において、PVD 法によって、第 2 絶縁膜 4 2 表面に、バリアメタル (図示せず)、高透磁率層 7 3、絶縁膜 9 2、書き込みワード線やランディングパッドを形成するための配線材料層 8 1 を成膜した後、絶縁膜 9 3 を形成してから高透磁率層 7 1 を成膜する。次いで、ダミー膜 8 2 を例えばプラス
- 25

マ窒化シリコンを40 nmの厚さに堆積して形成する。その後の工程は、前記第31A図乃至第31B図によって説明したのと同様である。

この結果、第32B図に示すように、配線材料層81からなる書き込みワード線11の周囲を、絶縁膜92、93、絶縁膜サイドウォール91Sを介して、高透磁率層73、高透磁率サイドウォール75Sおよび高透磁率層71によって取り囲むとともに、TMR素子13側方に高透磁率サイドウォール75Sが延長形成された磁束集中器51(51d)が形成される。上記絶縁膜サイドウォール91Sは、少なくとも上記絶縁膜92、93に接続する状態に形成される。この磁束集中器51の側壁部分となる高透磁率サイドウォール75Sの先端部75sは、上記第1磁気メモリ装置の製造方法に係る第2実施の形態と同様に設定されて形成される。

上記第1磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、書き込みワード線11の両側面およびTMR素子13に対向する面とは反対側の面に高透磁率層71、72、73等からなる磁束集中器51(51a~51d)を形成する工程を備え、書き込みワード線11の両側面に形成される高透磁率サイドウォール75Sの少なくとも一方を書き込みワード線11よりTMR素子13側に突き出した状態に形成する。このことから、書き込みワード線11に電流を流した際に発せられる電流磁界は、書き込みワード線の両側面に形成される高透磁率サイドウォール75Sもしくは高透磁率サイドウォール75Sによって、TMR素子13の記憶層に効率よく集中されるようになる。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れる

とともに書き込みワード線 1 1 のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高められる。また駆動電流が少なくてすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、集積度を高められる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果が低減される。

次に、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態を、第 3 3 A 図乃至第 3 3 C 図の製造工程断面図によって説明する。ここで TMR 素子 1 3、第 4 絶縁膜 4 4 等より下層の構成は、従来技術もしくは上記第 1 磁気メモリ装置の製造方法によって形成されるので、ここでの説明は省略する。

第 3 3 A 図に示すように、第 4 絶縁膜 4 4 の表面に TMR 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 が露出された状態に形成されている。上記第 4 絶縁膜 4 4 の表面は平坦化されている。上記 TMR 素子 1 3 は、従来の磁気メモリ装置の製造方法もしくは前記説明した第 1 磁気メモリ装置の製造方法によって形成されている。

次に、第 3 3 B 図に示すように、PVD 法によって、第 4 絶縁膜 4 4 表面に、バリアメタル（図示せず）を、例えばチタン（Ti）を 5 nm の厚さに堆積した後、窒化チタン（TiN）を 20 nm の厚さに堆積して形成する。次いで、PVD 法によって、ビット線を形成するための配線材料層 8 3 を例えばアルミニウム、銅もしくはアルミニウム銅合金を 500 nm の厚さに堆積して形成する。さらに PVD 法によって、高透磁率層 7 7 を 30 nm の厚さに形成する。

次いでリソグラフィ技術とエッチング技術とによって、ビット線を形成するためのレジストマスク 9 4 を形成し、それを用いて、上記高透磁率層 7 7、配線材料層 8 3、バリアメタル（図示せず）、

第4絶縁膜44を順次エッチングして、上記高透磁率層77を載せたビット線12を形成する。このエッチングでは、第4絶縁膜44の途中までエッチングを進める。その深さは、例えばTMR素子の記憶層304とトンネル絶縁膜303との境界までの深さとする。好ましくは、記憶層304とトンネル絶縁膜303との境界から記憶層304とキャップ層313との境界までの深さとする。このように深さを設定することによって、後に形成される磁束集中器52側壁部分の先端部の位置が、TMR素子の記憶層に電流磁界を集中しやすい位置に形成されることになる。

- 10 次に第33C図に示すように、PVD法によって、高透磁率層77を含むビット線12を覆う高透磁率層を形成した後、この高透磁率層をエッチバックして、ビット線12の側壁に高透磁率層からなる高透磁率サイドウォール78Sを形成する。このようにして、高透磁率層77とこれに接続される高透磁率サイドウォール78Sとからなる磁束集中器52（52a）が形成される。

15 上記製造方法によれば、高透磁率層77と高透磁率サイドウォール78Sとからなる磁束集中器51により磁気回路が形成され、ビット線12による磁場を効果的にTMR素子13の記憶層304に集中させることができる。

- 20 次に、本発明の第2磁気メモリ装置の製造方法に係る第2実施の形態を、第34A図乃至第34E図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第13図によって説明した第2磁気メモリ装置の第1実施の形態に係る別の製造方法を示す。また、TMR素子13、第4絶縁膜44等より下層の構成は、従来技術もしくは上記第1磁気メモリ装置の製造方法によって形成されるので、ここでの説明は省略する。

第 3 4 A 図に示すように、既存の製造方法によって、もしくは前記第 1 磁気メモリ装置の製造方法によって、書き込みワード線 1 1 上に第 3 絶縁膜 4 3 の一部を介して、最上層にキャップ層 3 1 3 を設けた T M R 素子 1 3 が形成されている。なお、T M R 素子 1 3 を構成する反強磁性体層 3 0 5 および磁化固定層 3 0 2 で形成されるバイパス線 1 6 は紙面垂直方向に延び、幅方向において T M R 素子 1 3 とバイパス線 1 6 とが一致しているように形成されている。T M R 素子 1 3 の構成およびその製造方法は、前記説明した構成およびその製造方法を用いることが可能であり、もちろん、従来から知られている構成および製造方法を用いることも可能である。

次に、第 3 4 B 図に示すように、C V D 法もしくは P V D 法によって、上記第 3 絶縁膜 4 3 上に上記 T M R 素子 1 3、バイパス線（図示せず）等を覆う絶縁膜を例えばプラズマ窒化シリコンもしくは酸化アルミニウムにより形成する。その後、この絶縁膜のエッチバックを行い、T M R 素子 1 3 の側壁に絶縁膜サイドウォール 9 5 S を形成する。次いで、C V D 法もしくは P V D 法によって、上記 T M R 素子 1 3 等を覆う第 4 絶縁膜 4 4 を例えば酸化シリコン膜で形成する。その後、化学的機械研磨によって、上記第 4 絶縁膜 4 4 の表面を平坦化研磨するとともに、T M R 素子 1 3 の最上層に形成されているキャップ層 3 1 3 を露出させる。

次いで、第 3 4 C 図に示すように、さらに上記第 4 絶縁膜 4 4 上に第 5 絶縁膜 4 5 を、例えば 4 0 0 n m の厚さの酸化シリコン膜で形成する。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、T M R 素子 1 3 よりも幅が広くなるようにビット線用溝パターンを形成する開口部を有するレジストマスク（図示せず）

を形成し、それを用いて、TMR素子13上の第5絶縁膜45に
ビット線用の配線溝45tを形成する。さらにエッチングを進め
て、絶縁膜サイドウォール95Sの側部の第4絶縁膜44に溝4
4tを形成する。このエッチングでは、酸化シリコンとプラズマ
窒化シリコンもしくは酸化アルミニウムとの選択比の高い条件
5 で異方性エッチングを行いTMR素子13の側面、例えばTMR
素子13のキャップ層313と記憶層304との界面と同等の
高さ付近でエッチングを止める。

次いで、第34D図に示すように、PVD法によって、溝44
10 tを埋め込むとともに配線溝45tの内面に高透磁率層を形成
した後、エッチバックにより溝44t内部に残すとともに配線溝
45tの側面に高透磁率層を残すことで高透磁率サイドウォー
ル78Sを形成する。

次いで、PVD法によって、上記配線溝45tの内面および第
15 5絶縁膜45表面に、バリアメタル（図示せず）を、例えばチタ
ン（Ti）を5nmの厚さに堆積した後、窒化チタン（TiN）
を20nmの厚さに堆積して形成する。続いて、PVD法によっ
て、上記バリアメタル上に、上記配線溝45t内を埋め込むよう
にビット線を形成するための配線材料層83を、例えばアルミニ
20 ウム、銅もしくはアルミニウム銅合金を500nmの厚さに堆積
して形成する。その後、化学的機械研磨によって、第5絶縁膜4
5上の余剰な配線材料層83およびバリアメタルを研磨除去し
て、配線溝45t内にバリアメタルを介して配線材料層からなる
ビット線12を形成する。

25 次に、第34E図に示すように、PVD法によって、上記第5
絶縁膜45上にビット線12を覆う高透磁率層77を50nm

の厚さに形成する。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術とにより、ビット線 1 2 上を覆うようなレジストマスク（図示せず）を形成した後、それを用いて高透磁率層 7 7 のエッチングを行う。この結果、ビット線 1 2 の上面および側面を覆う高透磁率層 7 7 と高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2（5 2 a）が形成される。このように磁束集中器 5 2 による磁気回路によって、ビット線 1 2 によって作られる電流磁界を TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に集中させることができるので、高い効率で書き込みが行えるようになる。

10 次に、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 3 実施の形態を、第 3 5 A 図乃至第 3 5 B 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 1 4 図によって説明した第 2 磁気メモリ装置の第 2 実施の形態の製造方法を示す。

第 3 5 A 図に示すように、前記第 3 3 A 図に示す工程において、
15 第 4 絶縁膜を化学的機械研磨して TMR 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 を露出させた後、PVD 法によって、第 4 絶縁膜 4 4 表面に高透磁率層 7 2 を形成する。次いで、上記高透磁率層 7 2 上に、前記第 3 3 B 図によって説明したのと同様にして、バリアメタル（図示せず）、ビット線を形成するための配線材料層 8 1、高透
20 磁率層 7 1 を順に形成すればよい。

その後の工程は、前記第 3 3 C 図によって説明したプロセスと同様である。このプロセスにおいて、ビット線を形成するエッチングでは、上記高透磁率層 7 2 も同時にエッチングする。その結果、第 3 5 B 図に示すように、配線材料層 8 1 でビット線 1 2 が
25 形成されるとともに、ビット線 1 2 を高透磁率層 7 2、7 1 および高透磁率サイドウォール 7 8 S で覆う磁束集中器 5 2（5 2

b) が形成される。この高透磁率サイドウォール 7 8 S の先端部の位置は、前記第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態と同様に設定される。

次に、本発明の第 2 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 4 実施の形態を、第 3 6 A 図乃至第 3 6 B 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 1 5 図によって説明した第 2 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態の製造方法を示す。

第 3 6 A 図に示すように、前記第 3 3 B 図に示す工程において、バリアメタル（図示せず）、ビット線を形成するための配線材料層 8 1 を形成した後、絶縁膜 9 6 を形成し、その後高透磁率層 7 7 を形成する。

次いでリソグラフィ技術とエッチング技術とによって、TMR 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 に接続するビット線を形成するためのレジストマスク（図示せず）を形成し、それを用いて、上記高透磁率層 7 7、絶縁膜 9 6、配線材料層 8 1、バリアメタル（図示せず）、第 4 絶縁膜 4 4 を順次エッチングして、上記絶縁膜 9 6 を介して高透磁率層 7 7 を載せたビット線 1 2 を上記配線材料層 8 1 で形成する。このエッチングでは、第 4 絶縁膜 4 4 の途中までエッチングを進める。その深さは、例えば TMR 素子のキャップ層 3 1 3 もしくは記憶層 3 0 4 とほぼ同等に高さとする。

次いで、第 3 6 B 図に示すように、CVD 法によって、上記高透磁率層 7 7 上を覆う絶縁膜を形成した後、この絶縁膜の全面をエッチバックして、ビット線 1 2 の側壁に絶縁膜サイドウォール 9 7 S を形成する。この絶縁膜サイドウォール 9 7 S は、少なくとも上記絶縁膜 9 6 の側壁を覆い、高透磁率層 7 7 の側壁を露出させる状態に形成される。

続いてPVD法によって、上記第4絶縁膜44上に上記高透磁率層77や絶縁膜サイドウォール97Sを覆う高透磁率層を形成した後、この高透磁率層の全面をエッチバックして、ビット線12の側壁に絶縁膜サイドウォール97Sを介して高透磁率サイドウォール78Sを形成する。その際、高透磁率サイドウォール78Sは高透磁率層77に接続するように形成される。このようにして、高透磁率層77と高透磁率サイドウォール78Sとからなる磁束集中器52(52c)が形成される。この高透磁率サイドウォール78Sの先端部の位置は、前記第2磁気メモリ装置の製造方法に係る第1実施の形態と同様に設定される。

この第3実施の形態においては、ビット線12を形成する際に第4絶縁膜44のエッチバックを行わずに、絶縁膜サイドウォール97Sを形成し、その後第4絶縁膜44のエッチバックを行ってもよい。この第4絶縁膜44のエッチバックと絶縁膜サイドウォール97Sを形成するエッチバックを同時に行うことも可能である。

次に、本発明の第2磁気メモリ装置の製造方法に係る第5実施の形態を、第37A図乃至第37B図の製造工程断面図によって説明する。

第37A図に示すように、前記第33B図に示す工程において、ビット線12はTMR素子13よりも幅広く形成し、第4絶縁膜44をエッチングした後、さらに、ビット線12下の第4絶縁膜44のサイドエッチングを行う。

次いで、第37B図に示すように、前記第33C図によって説明したのと同様に、高透磁率サイドウォール78Sを形成すれば、高透磁率サイドウォール78Sは、前記第33A図乃至第33C

図によって説明した第1実施の形態よりもTMR素子13側に近づく状態に形成される。このようにして、ビット線12に高透磁率層77と高透磁率サイドウォール78Sとからなる磁束集中器52(52d)が形成される。

- 5 上記製造方法で形成される磁束集中器52dは、第1実施の形態で説明した製造方法によって形成される磁束集中器52aよりも電流磁束の漏れを減少させることができるため、ビット線12から発せられる電流磁束を第1実施の形態の磁束集中器52aよりもさらに効率よくTMR素子13の記憶層304に集中
10 させることができる。

- また、上記第5実施の形態のビット線12下をサイドエッチングする方法は、前記第35A図乃至第35B図によって説明した第3実施の形態にも適用することができる。また、前記第2磁気メモリ装置の製造方法における第4実施の形態において、磁束集
15 中器52b、52cの各先端部52sを幅広く形成するには、ビット線12を形成する際に第4絶縁膜44のエッチングは行わずに、絶縁膜サイドウォール97Sを形成する。その後、第4絶縁膜44のエッチバックを行ってから、絶縁膜サイドウォール97S下の第4絶縁膜44のサイドエッチングを行い、その後、高
20 透磁率サイドウォール78Sを形成することにより可能になる。この高透磁率サイドウォール78Sの先端部の位置は、前記第2磁気メモリ装置の製造方法に係る第1実施の形態と同様に設定される。

- 次に、本発明の第3磁気メモリ装置の製造方法に係る実施の形
25 態を、第38A図乃至第38C図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第16図によって説明した第3磁気メモリ

装置の実施の形態の製造方法を示す。

第 3 8 A 図に示すように、前記第 2 7 A 図によって説明したように、コンタクト 3 2 が形成された第 2 絶縁膜 4 2 上に、第 3 絶縁膜の一部となる絶縁膜 4 3 1 を形成する。次いで、この絶縁膜 4 3 1 に書き込みワード線を形成するための溝 4 3 t 1 とコンタクト 3 2 に接続する第 2 ランディングパッドを形成するための溝 4 3 t 2 とを形成する。その後、この溝 4 3 t 1、4 3 t 2 内を含む絶縁膜 4 3 1 上に、前記第 2 7 B 図によって説明したのと同様のバリアメタル（図示せず）を介して配線材料層を形成する。ここでは、第 2 7 A 図乃至第 2 7 E 図によって説明したような高透磁率層は形成しない。その後、絶縁膜 4 3 1 上の余剰な配線材料層とバリアメタルとを除去して、溝 4 3 t 1 内を埋め込む書き込みワード線 1 1 と、溝 4 3 t 2 内を埋め込む第 2 ランディングパッド 3 3 とを形成する。

次いで、第 3 8 B 図に示すように、上記書き込みワード線 1 1、第 2 ランディングパッド 3 3 等が形成された絶縁膜 4 3 1 上に第 3 絶縁膜の一部となる絶縁膜 4 3 2 を、例えば酸化アルミニウムもしくは酸化シリコンもしくは窒化シリコンで形成する。さらに上記絶縁膜 4 3 2 とエッチング選択性を有する絶縁材料で第 3 絶縁膜の一部となる絶縁膜 4 3 3 を形成する。この絶縁膜 4 3 3 は、後に形成される磁束集中器の側壁部分の高さを決定する。そのため、磁束集中器の側壁部分が所望の高さとなるような膜厚に形成する。その後、リソグラフィ技術とエッチング技術とによって、TMR 素子を形成する領域上にそれよりも広めに形成した開口部を有するレジストマスク（図示せず）を形成して、絶縁膜 4 3 3 のエッチングを行い、書き込みワード線 1 2 上の絶縁膜 4

3 3 に開口部 4 3 3 h を形成する。その後、上記レジストマスクを除去する。

次いで、上記開口部 4 3 3 h 内を含む上記絶縁膜 4 3 3 上に、高透磁率層 7 9 を形成し、平坦化絶縁膜を形成する。その後、化学的機械研磨によって、絶縁膜 4 3 3 上の余剰な平坦化絶縁膜、高透磁率層 7 9 を除去する。その際、開口部 4 3 3 h 内の平坦化絶縁膜は完全に除去することが望ましい。このエッチングでは、絶縁膜 4 3 3 がエッチングされても良い。ここでは、絶縁膜 4 3 3 はエッチング除去される。この結果、開口部 4 3 3 h 内に高透磁率層 7 9 からなる磁束集中器 5 3 が形成される。この磁束集中器 5 3 の側壁部分の先端部 5 3 s は、後に形成される TMR 素子の記憶層とキャップ層との界面の高さ以下に設定され、好ましくは、トンネル絶縁層と記憶層との界面の高さから記憶層とキャップ層との界面の高さの範囲に形成される。

次いで、前記第 2 8 C 図によって説明したのと同様にして、上記絶縁膜 4 3 2 上に上記磁束集中器 5 3 を覆う絶縁膜 4 3 4 を形成する。このように、絶縁膜 4 3 1 ~ 4 3 4 によって第 3 絶縁膜 4 3 が構成される。続いて第 3 絶縁膜 4 3 に第 2 ランディングパッド 3 3 に達する開口部 4 3 h を形成する。その後、反強磁性体層 3 0 5、磁化固定層 3 0 2、トンネル絶縁膜 3 0 3、記憶層 3 0 4、キャップ層 3 1 3 を下層より順に積層して形成する。その後、前記第 2 8 D 図乃至第 2 8 E 図によって説明したのと同様のプロセスを行うことによって、TMR 素子 1 3、TMR 素子 1 3 と第 2 ランディングパッド 3 3 とを接続するバイパス線 1 6、第 4 絶縁膜 4 4、TMR 素子 1 3 のキャップ層 3 1 3 に接続するビット線 1 2 等が形成される。

なお、磁束集中器 5 3 を書き込みワード線 1 1 上に接続する状態に形成する場合には、上記絶縁膜 4 3 2 を形成しなければよい。その他のプロセスは上記説明した通りである。

次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施
5 の形態を、第 3 9 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 1 7 図によって説明した第 4 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態の製造方法を示す。

前記第 2 7 A 図乃至第 2 7 B 図によって説明したように、第 3
絶縁膜 4 3 の一部となる絶縁膜 4 3 1 に書き込みワード線 1 1
10 と第 2 ランディングパッド 3 3 とを形成する。その際、書き込みワード線 1 1 のエッチバックは行わない。したがって、磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 7 は、書き込みワード線 1 1 の底部および側壁のみに形成される。その後、前記第 3 8 B 図乃至第 3 8 C 図で説明したのと同様に絶縁膜 4 3 2 を形成する工程以後の工
15 程を行えばよい。

その結果、第 3 9 図に示すように、書き込みワード線 1 1 の下面および側面に高透磁率層からなる磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 7 が形成され、書き込みワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 との間に磁束集中器（第 2 磁束集中器）5 3 が形成される。上記第
20 1 磁束集中器 5 7 の側壁は書き込みワード線 1 1 上面と同等の高さに形成される。上記第 2 磁束集中器 5 3 の側壁部分は TMR 素子 1 3 の側壁側に第 3 絶縁膜 4 3 を介して形成され、その先端部 5 3 s は前記第 3 磁気メモリ装置の製造方法で説明した磁束集中器 5 3 と同様に形成される。なお、絶縁膜 4 3 2 を形成しな
25 くともよい。この場合は、第 1 磁束集中器 5 7 の側壁部分の 5 7 s に第 2 磁束集中器 5 3 の底部が接続された状態に形成される。

次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を、第 40 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 18 図によって説明した第 4 磁気メモリ装置の第 2 実施の形態の製造方法を示す。

- 5 前記第 27 A 図乃至第 27 B 図によって説明したように、第 3 絶縁膜 43 の一部となる絶縁膜 431 に書き込みワード線 11 と第 2 ランディングパッド 33 とを形成する。その際、高透磁率層 73 を形成した後、絶縁膜 61 を形成し、その後第 2 ランディングパッド 33 が形成される溝内の絶縁膜 61 にコンタクト 3
- 10 2 に通じる開口部 61 h を形成する。この開口部 61 h は、高透磁率層 73 を貫通して形成されることが望ましいが、高透磁率層 73 を貫通しなくてもよい。その後、書き込みワード線を形成するための配線材料層 81 を形成する。ここでは前記第 27 A 図乃至第 27 E 図によって説明したように書き込みワード線 11 の
- 15 エッチバックは行わない。したがって、磁束集中器（第 1 磁束集中器）57 は、書き込みワード線 11 の底部および側壁のみに絶縁膜 61 を介して形成される。一方、絶縁膜 61 が形成されていても、第 2 ランディングパッド 33 は開口部 61 h を通じてコンタクト 32 に接続される。なお、開口部 62 h が高透磁率層 73
- 20 を貫通しない場合には、第 2 ランディングパッド 33 は高透磁率層 73 を介してコンタクト 32 に接続される。その後、前記第 38 B 図乃至第 38 C 図で説明したのと同様に絶縁膜 432 を形成する工程以後の工程を行えばよい。

- その結果、第 40 図に示すように、書き込みワード線 11 の下
- 25 面および側面に絶縁膜 61 を介して高透磁率層からなる磁束集中器（第 1 磁束集中器）57 が形成され、書き込みワード線 11

と TMR 素子 13 との間に磁束集中器（第 2 磁束集中器）53 が形成される。上記第 1 磁束集中器 57 の側壁は書き込みワード線 11 上面と同等の高さに形成される。上記第 2 磁束集中器 53 の側壁部分は TMR 素子 13 の側壁側に第 3 絶縁膜 43 を介して形成され、その先端部 53s は前記第 3 磁気メモリ装置の製造方法で説明した磁束集中器と同様に形成される。なお、絶縁膜 432 を形成しなくともよい。この場合は、第 1 磁束集中器 57 の側壁部分の先端部 57s に第 2 磁束集中器 53 の底部が接続された状態に形成される。

次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 3 実施の形態を、第 41A 図乃至第 41B 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 19 図によって説明した第 4 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態の製造方法を示す。

第 41A 図に示すように、前記第 28A 図および第 28B 図によって説明した工程を行って、第 2 絶縁膜 42 上に高透磁率層からなる磁束集中器（第 1 磁束集中器）51 に底部および側面を囲まれた書き込みワード線 11 とコンタクト 32 に高透磁率層 73 を介して接続する第 2 ランディングパッド 33 を形成する。その後、第 2 絶縁膜 42 上に、書き込みワード線 11、第 1 磁束集中器 51、第 2 ランディングパッド 33 等を覆う第 3 絶縁膜の一部となる絶縁膜 431 を形成する。ここでは、この絶縁膜 431 は、第 1 磁束集中器 51 よりも高くなるような厚さに形成する。その後、化学的機械研磨によって、この絶縁膜 431 表面を平坦化する。その際、第 1 磁束集中器 51 の側壁部分の先端部 51s が絶縁膜 431 表面に露出されてもよい。

その後、第 41B 図に示すように、第 38B 図によって説明し

た絶縁膜 4 3 2 を形成する以後の工程を行えばよい。なお、絶縁膜 4 3 2 は形成しなくともよい。その結果書き込みワード線 1 1 の下面および側面に高透磁率層からなる磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 1 が形成され、書き込みワード線 1 1 と T M R 素子 1 3 との間に磁束集中器（第 2 磁束集中器）5 3 が形成される。第 1 磁束集中器 5 1 の側壁部分は、書き込みワード線 1 1 上面より T M R 素子 1 3 側に突き出した状態に形成され、第 2 磁束集中器 5 3 の側壁の先端部 5 3 s は、前記第 3 磁気メモリ装置の製造方法で説明した磁束集中器 5 3 と同様に形成される。

10 次に、本発明の第 4 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 4 実施の形態を、第 4 2 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 2 0 図によって説明した第 4 磁気メモリ装置の第 4 実施の形態の製造方法を示す。

前記第 3 1 A 図および第 3 1 B 図によって説明したのと同様に、第 2 絶縁膜 4 2 上に、高透磁率層 7 3 と高透磁率サイドウォール 7 5 S とからなる磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 1 とともに、この第 1 磁束集中器 5 1 に底部と側壁を絶縁膜 9 2 と絶縁膜サイドウォール 9 1 S を介して囲まれる書き込みワード線 1 1 およびコンタクト 3 2 に接続する第 2 ランディングパッド 3 3
15 を形成する。その後、ダミー膜 8 2 を除去する。さらに、第 2 絶縁膜 4 2 上に、書き込みワード線 1 1、第 1 磁束集中器 5 1、第 2 ランディングパッド 3 3 等を覆う第 3 絶縁膜の一部となる絶縁膜 4 3 1 を形成する。ここでは、この絶縁膜 4 3 1 は、第 1 磁束集中器 5 1 よりも高くなるような厚さに形成する。その後、化学的機械研磨によって、この絶縁膜 4 3 1 表面を平坦化する。その際、第 1 磁束集中器 5 1 の側壁部分の先端部 5 1 s が絶縁膜 4
20 25

3 1 表面に露出されてもよい。

その後、第 3 8 B 図によって説明した絶縁膜 4 3 2 を形成する以後の工程を行えばよい。なお、絶縁膜 4 3 2 は形成しなくともよい。その結果、第 4 2 図に示すように、書き込みワード線 1 1 の下面および側面に高透磁率層からなる磁束集中器（第 1 磁束集中器）5 1 が形成され、書き込みワード線 1 1 と TMR 素子 1 3 との間に磁束集中器（第 2 磁束集中器）5 3 が形成される。第 1 磁束集中器 5 1 の側壁部分は、書き込みワード線 1 1 上面より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成され、第 2 磁束集中器 5 3 の側壁の先端部 5 3 s は、前記第 3 磁気メモリ装置の製造方法で説明した磁束集中器 5 3 と同様に形成される。

次に、本発明の第 5 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態を、第 4 3 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 2 2 図によって説明した第 5 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態の製造方法を示す。

第 4 3 図に示すように、前記第 2 7 A 図乃至第 2 7 E 図、前記第 2 8 A 図乃至第 2 8 E 図等によって説明したのと同様にして、書き込みワード線 1 1 の周囲に磁束集中器 5 1 を形成する。その後、書き込みワード線 1 1 上に、スイッチング素子 1 4、TMR 素子 1 3 を、例えば既存の製造方法によって形成すればよい。

この製造方法の場合も、磁束集中器 5 1 の側壁部分は、書き込みワード線 1 1 上面より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成され、その先端部 5 1 s は、TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 の界面の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするこ

が好ましい。また、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s と TMR 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 1 の先端部 5 1 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m 以下とすることが好ましい。

5 次に、本発明の第 5 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を、第 4 4 図の製造工程断面図によって説明する。ここでは、前記第 2 3 図によって説明した第 5 磁気メモリ装置の第 2 実施の形態の製造方法を示す。

10 第 4 4 図に示すように、書き込みワード線 1 1 および磁束集中器 5 1 を、前記第 3 1 A 図乃至第 3 1 B 図によって説明したのと同様に形成する。その結果、第 2 絶縁膜 4 2 上に高透磁率層 7 3 および絶縁膜 9 2 を介して書き込みワード線 1 1 が形成されるとともに、書き込みワード線 1 1 の底部に絶縁膜 9 2 を介し、
15 書き込みワード線 1 1 の側壁に絶縁膜サイドウォール 9 1 S を介して磁束集中器 5 1 が形成される。なお、書き込みワード線 1 1 上にスイッチング素子 1 4 が形成されるため、その後、書き込みワード線 1 1 上に、スイッチング素子 1 4 、TMR 素子 1 3 を、例えば既存の製造方法によって形成すればよい。

20 この製造方法の場合も、磁束集中器 5 1 の側壁の先端部 5 1 s は、上記第 5 磁気メモリ装置の製造方法における第 1 実施の形態と同様の位置に形成される。

次に、本発明の第 6 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 1 実施の形態を説明する。ここでは、前記第 2 4 図によって説明した第 6 磁気メモリ装置の第 1 実施の形態の製造方法を説明する。なお、
25 前記第 1 ～第 5 磁気メモリ装置の製造方法で説明した構成部品と同様なるものには同一符号を付与した。

書き込みワード線 1 1、スイッチング素子 1 4、TMR 素子 1 3、TMR 素子 1 3 を覆う第 4 絶縁膜 4 4 等を、例えば既存の方法で形成した後、もしくは前記第 4 2 図、第 4 3 図等によって説明した製造方法で形成した後、前記第 3 3 B 図乃至第 3 3 C 図によって説明した製造方法により、ビット線 1 2 を形成するとともに
5 ビット線 1 2 の上面に高透磁率層 7 7 を形成し、さらにビット線 1 2 の側面に高透磁率サイドウォール 7 8 S を形成して、高透磁率層 7 7 とこれに接続される高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2 を形成する。

10 この製造方法の場合も、第 2 磁気メモリ装置の製造方法と同様に、磁束集中器 5 2 の側壁部分は、ビット線 1 2 より TMR 素子 1 3 側に突き出した状態に形成され、その先端部 5 2 s は、TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 とトンネル絶縁膜 3 0 3 との界面の高さまで形成することが可能であり、例えばトンネル絶縁膜 3 0
15 3 と記憶層 3 0 4 との界面から記憶層 3 0 4 とキャップ層 3 1 3 との界面までの高さとするのが好ましい。また、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s と TMR 素子 1 3 との距離は、磁束集中器 5 2 の先端部 5 2 s に集中させた電流磁束が記憶層 3 0 4 に効率よく達する距離とする必要があり、例えばその距離は 2 0 0 n m
20 以下とすることが好ましい。

上記製造方法によれば、高透磁率層 7 7 と高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2 により磁気回路が形成され、ビット線 1 2 による磁場を効果的に TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に集中させることができる。

25 または、前記第 3 4 A 図乃至第 3 4 E 図によって説明した製造方法により磁束集中器 5 2 を形成してもよい。

次に、本発明の第 6 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 2 実施の形態を説明する。ここでは、前記第 2 5 図によって説明した第 6 磁気メモリ装置の第 2 実施の形態の製造方法を説明する。なお、前記第 1 ～ 第 5 磁気メモリ装置の製造方法で説明した構成部品と同様なるものには同一符号を付与した。

書き込みワード線 1 1、スイッチング素子 1 4、TMR 素子 1 3、TMR 素子 1 3 を覆う第 4 絶縁膜 4 4 等を、例えば既存の方法で形成した後、もしくは前記第 4 2 図、第 4 3 図等によって説明した製造方法で形成した後、前記第 3 5 A 図乃至第 3 5 B 図によって説明した製造方法により、ビット線 1 2 を形成するとともに、ビット線 1 2 の下面に高透磁率層 7 2、ビット線 1 2 の上面に高透磁率層 7 7 を形成し、さらにビット線 1 2 の側面に高透磁率サイドウォール 7 8 S を形成する。このようにして、高透磁率層 7 2、7 7 とこれらに接続される高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2 (5 2 b) を形成する。

この製造方法の場合も、磁束集中器 5 2 の側壁の先端部 5 2 s は、上記第 6 磁気メモリ装置の製造方法における第 1 実施の形態と同様の位置に形成される。

上記製造方法によれば、高透磁率層 7 2、7 7 と高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2 により磁気回路が形成され、ビット線 1 2 による電流磁場を効果的に TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に集中させることができる。

次に、本発明の第 6 磁気メモリ装置の製造方法に係る第 3 実施の形態を説明する。ここでは、前記第 2 6 図によって説明した第 6 磁気メモリ装置の第 3 実施の形態の製造方法を説明する。なお、前記第 1 ～ 第 5 磁気メモリ装置の製造方法で説明した構成部品

と同様なるものには同一符号を付与した。

書き込みワード線 1 1、スイッチング素子 1 4、TMR 素子 1 3、TMR 素子 1 3 を覆う第 4 絶縁膜 4 4 等を、例えば既存の方法で形成した後、もしくは前記第 4 2 図、第 4 3 図等によって説明した製造方法で形成した後、前記第 3 6 A 図乃至第 3 6 B 図によって説明した製造方法により、ビット線 1 2 を形成するとともに、ビット線 1 2 の上面に絶縁膜 9 6 を介して高透磁率層 7 7 を形成し、さらにビット線 1 2 の側面に絶縁膜サイドウォール 9 7 S を介して高透磁率サイドウォール 7 8 S を形成する。このようにして、高透磁率層 7 7 とこれに接続される高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2 (5 2 c) を形成する。

この製造方法の場合も、磁束集中器 5 2 の側壁の先端部 5 2 s は、上記第 6 磁気メモリ装置の製造方法における第 1 実施の形態と同様の位置に形成される。

上記製造方法によれば、高透磁率層 7 7 と高透磁率サイドウォール 7 8 S とからなる磁束集中器 5 2 により磁気回路が形成され、ビット線 1 2 による磁場を効果的に TMR 素子 1 3 の記憶層 3 0 4 に集中させることができる。

以上、説明したように本発明の第 1 磁気メモリ装置によれば、第 1 配線は、少なくとも、第 1 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、第 1 配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第 1 配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているので、第 1 配線から発する電流磁界はトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されている磁束集中器の先端部によりトンネル磁気抵抗素子の記憶

層に効率よく集中的に印加することができる。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高めることができる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができるので、素子の高集積化を図ることができる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果を低減することができるので、書き込みの信頼性の向上が図れる。

本発明の第2磁気メモリ装置によれば、第2配線は、少なくとも、第2配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、第2配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第2配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているので、第2配線から発する電流磁界はトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されている磁束集中器の先端部によりトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中的に印加することができる。このため書き込みのための電流値を下げる事が可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第2配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命が高めることができる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができるので、素子の高集積化を図ることができる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果を低減することができるので、書き込みの信頼性の向上が図れる。

本発明の第3磁気メモリ装置によれば、第1配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器が設けられているの

で、第 1 磁気メモリ装置と同様な効果が得られる。

上記第 4 磁気メモリ装置では、第 1 配線は、少なくとも、第 1 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる第 1 磁束集中器が設けられ、第 1 配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第 2 磁束集中器が設けられているので、第 1 磁気メモリ装置と同様な効果が得られる。

上記第 5 磁気メモリ装置では、第 1 配線は、少なくとも、第 1 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、第 1 配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているので、いわゆるクロスポイント型磁気メモリ装置においても前記第 1 磁気メモリ装置と同様な効果が得られる。

上記第 6 磁気メモリ装置では、第 2 配線に、少なくとも、第 2 配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、第 2 配線の側面に形成された高透磁率層の少なくとも一方は第 2 配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されているので、いわゆるクロスポイント型磁気メモリ装置においても前記第 2 磁気メモリ装置と同様な効果が得られる。

また、第 1、第 2 および第 4 ないし第 6 磁気メモリ装置においては、高透磁率層と第 1 配線もしくは第 2 配線との間に絶縁膜が形成されているものであっても、それぞれの磁気メモリ装置と同様な効果を得ることができる。

本発明の第1磁気メモリ装置の製造方法によれば、少なくとも、第1配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第1配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも
5 一方を第1配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成するので、第1配線に電流を流した際に発せられる電流磁界をトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中することができる構成の磁束集中器に形成することができる。このように形成された磁束集中器によって、第1磁気メモリ装置は、書き込み
10 のための電流値を下げるのが可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第1配線のエレクトロマイグレーションに対する寿命を高めることができる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、素子の高集積化を図ることができる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルと
15 の干渉効果を低減することができる。

本発明の第2磁気メモリ装置の製造方法によれば、少なくとも、第2配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第2配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも
20 一方を第2配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成するので、第2配線に電流を流した際に発せられる電流磁界がトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中することができる構成の磁束集中器に形成することができる。このように形成された磁束集中器によって、第2磁気メモリ装置は、書き込み
25 のための電流値を下げるのが可能になり、消費電流の低減が図れるとともに第2配線のエレクトロマイグレーションに対する

寿命を高めることができる。また駆動電流が少なくすむことから電流駆動回路の面積を縮小することができ、素子の高集積化を図ることができる。さらに漏れ磁界が少なくなるため隣接セルとの干渉効果を低減することができる。

- 5 本発明の第3磁気メモリ装置の製造方法によれば、第1配線を形成した後に、第1配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備えているので、第1配線に電流を流した際に発せられる電流磁界がトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中することができる構成の磁束集中器を形成することができる。よって、第1磁気メモリ装置の製造方法と同様な効果が得られる。
- 10

- 本発明の第4磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第1配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる第1磁束集中器を形成する工程と、第1配線を形成した後に、第1配線とトンネル磁気抵抗素子との間およびトンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第2磁束集中器を形成する工程とを備えているので、第1配線に電流を流した際に発せられる電流磁界を第2磁束集中器に効率よく集中することができる構成の第1磁束集中器を形成することができる。それとともに、第1磁束集中器を介して伝達された電流磁界をトンネル磁気抵抗素子の記憶層に効率よく集中することができる構成の第2磁束集中器を形成することができる。よって、第1磁気メモリ装置の製造方法と同様な効果が得られる。
- 15
- 20
- 25

上記第5磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第1配

線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第1配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも一方を第1配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成するので、いわゆるクロスポイント型の磁気メモリ装置においても、前記第1磁気メモリ装置の製造方法と同様な効果を得ることができる。

上記第6磁気メモリ装置の製造方法では、少なくとも、第2配線の両側面およびトンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、第2配線の両側面に形成される高透磁率層の少なくとも一方を第2配線よりトンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成するので、いわゆるクロスポイント型の磁気メモリ装置においても、前記第2磁気メモリ装置の製造方法と同様な効果を得ることができる。

また、第1、第2および第4ないし第6磁気メモリ装置の製造方法においては、高透磁率層と第1配線もしくは第2配線との間に絶縁膜を形成する場合であっても、それぞれの磁気メモリ装置の製造方法と同様な効果を得ることができる。

請求の範囲

1. 第1配線と、

前記第1配線と立体的に交差する第2配線と、

- 5 前記第1配線と電氣的に絶縁され、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、

- 10 前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、

前記第1配線に、少なくとも、前記第1配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、

- 15 前記第1配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記第1配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されている

ことを特徴とする磁気メモリ装置。

- 20 2. 前記磁束集中器は、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第1配線表面にも高透磁率層が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の磁気メモリ装置。

3. 前記磁束集中器と前記第1配線との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第1項記載の磁気メモリ装置。

- 25 4. 前記磁束集中器は、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第1配線表面にも絶縁膜を介して高透磁率層が形成されていること

を特徴とする請求の範囲第 3 項記載の磁気メモリ装置。

5. 第 1 配線と、

前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線と、

前記第 1 配線と電氣的に絶縁され、前記第 2 配線と電氣的に接
5 続されたもので、前記第 1 配線と前記第 2 配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、

前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気
10 メモリ装置において、

前記第 2 配線に、少なくとも、前記第 2 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、

前記第 2 配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも
15 も一方は前記第 2 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されている

ことを特徴とする磁気メモリ装置。

6. 前記磁束集中器は、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 2 配線表面にも高透磁率層が形成されていることを特徴とする
20 請求の範囲第 5 項記載の磁気メモリ装置。

7. 前記磁束集中器と前記第 2 配線との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 5 項記載の磁気メモリ装置。

8. 前記磁束集中器は、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 2 配線表面にも絶縁膜を介して高透磁率層が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 7 項記載の磁気メモリ装置。
25

9. 第1配線と、

前記第1配線と立体的に交差する第2配線と、

前記第1配線と電氣的に絶縁され、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、

前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、

- 10 前記第1配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていることを特徴とする磁気メモリ装置。

10. 第1配線と、

- 15 前記第1配線と立体的に交差する第2配線と、

前記第1配線と電氣的に絶縁され、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、

- 20 前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、

前記第1配線には、少なくとも、前記第1配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に、高透

- 25 磁率層からなる第1磁束集中器が設けられ、

前記第1配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記

トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第2磁束集中器が設けられている

ことを特徴とする磁気メモリ装置。

11. 前記第1磁束集中器と前記第1配線との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第10項記載の磁気メモリ装置。

12. 前記第1配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記第1配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されていることを特徴とする請求の範囲第8項記載の磁気メモリ装置。

13. 前記第1磁束集中器と前記第1配線との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第12項記載の磁気メモリ装置。

14. 第1配線と、
前記第1配線と立体的に交差する第2配線と、
前記第1配線とスイッチング素子を介して電氣的に接続され、前記第2配線と電氣的に接続されたもので、前記第1配線と前記第2配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、

前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、

前記第1配線に、少なくとも、前記第1配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられ、

前記第1配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも

も一方は前記第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されている

ことを特徴とする磁気メモリ装置。

1 5 . 前記磁束集中器と前記トンネル磁気抵抗素子との間に絶縁膜が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 4 項記載の磁気メモリ装置。

1 6 . 第 1 配線と、

前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線と、

10 前記第 1 配線とスイッチング素子を介して電氣的に接続され、前記第 2 配線と電氣的に接続されたもので、前記第 1 配線と前記第 2 配線との交差領域にトンネル絶縁層を強磁性体で挟んで構成されるトンネル磁気抵抗素子とを備えたもので、

前記強磁性体のスピン方向が平行もしくは反平行によって抵抗値が変化することを利用して情報を記憶する不揮発性の磁気メモリ装置において、

前記第 2 配線に、少なくとも、前記第 2 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器が設けられていて、

20 前記第 2 配線の側面に形成された前記高透磁率層の少なくとも一方は前記第 2 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成されている

ことを特徴とする磁気メモリ装置。

1 7 . 前記磁束集中器は、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 2 配線表面にも高透磁率層が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 1 6 項記載の磁気メモリ装置。

1 8 . 前記磁束集中器と前記第 2 配線との間に絶縁膜が形成さ

れていることを特徴とする請求の範囲第 16 項記載の磁気メモリ装置。

19. 前記磁束集中器は、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 2 配線表面にも絶縁膜を介して高透磁率層が形成されていることを特徴とする請求の範囲第 16 項記載の磁気メモリ装置。

20. 第 1 の配線を形成する工程と、

トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、

10 前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程と

を備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、

15 少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、

前記第 1 配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する

20 ことを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

21. 前記高透磁率層を前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 1 配線表面にも形成することを特徴とする請求の範囲第 20 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

22. 前記高透磁率層を、前記第 1 配線に対して絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第 20 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

23. 前記高透磁率層を、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第1配線表面にも絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第22項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

24. 第1の配線を形成する工程と、

5 トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第1の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、

10 前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第1配線と立体的に交差する第2配線を形成する工程と

を備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、

少なくとも、前記第2配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程を備え、

15 前記第2配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第2配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する

ことを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

20 25. 前記高透磁率層を、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第2配線表面にも形成することを特徴とする請求の範囲第24項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

26. 前記高透磁率層を、前記第2配線に対して絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第24項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

25 27. 前記高透磁率層を、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第2配線表面にも絶縁膜を介して形成することを特徴とする請

求の範囲第 2 6 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

2 8. 第 1 の配線を形成する工程と、

トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程

5 と、

前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程と

を備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、

10 前記第 1 配線を形成した後に、

前記第 1 配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる磁束集中器を形成する工程

を備えたことを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

15 2 9. 第 1 の配線を形成する工程と、

トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線と電氣的に絶縁されたトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、

20 前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程と

を備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、

少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる第 1

25 磁束集中器を形成する工程と、

前記第 1 配線を形成した後に、

前記第 1 配線と前記トンネル磁気抵抗素子との間および前記トンネル磁気抵抗素子の側面側に、絶縁膜を介して、高透磁率層からなる第 2 磁束集中器を形成する工程と

を備えたことを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

5 30. 前記第 1 磁束集中器の高透磁率層を、前記第 1 配線に対して絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第 29 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

31. 前記第 1 配線の両側面に形成される前記第 1 磁束集中器の高透磁率層の少なくとも一方を前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 1 配線表面より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成することを特徴とする請求の範囲第 27 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

32. 前記第 1 磁束集中器の高透磁率層を、前記第 1 配線に対して絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第 31 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

33. 第 1 の配線を形成する工程と、

前記第 1 配線上にスイッチング素子を形成する工程と、

トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線上に前記スイッチング素子を介して接続されるトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、

前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程と

を備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、

25 少なくとも、前記第 1 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束

集中器を形成する工程を備え、

前記第 1 配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第 1 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する

5 ことを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

3 4. 前記高透磁率層を前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 1 配線表面にも形成することを特徴とする請求の範囲第 3 3 項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

3 5. 第 1 の配線を形成する工程と、

10 前記第 1 配線上にスイッチング素子を形成する工程と、

トンネル絶縁層を強磁性体で挟んでなるもので前記第 1 の配線とスイッチング素子を介して接続されるトンネル磁気抵抗素子を形成する工程と、

15 前記トンネル磁気抵抗素子と電氣的に接続するもので前記トンネル磁気抵抗素子を間にして前記第 1 配線と立体的に交差する第 2 配線を形成する工程と

を備えた不揮発性の磁気メモリ装置の製造方法において、

少なくとも、前記第 2 配線の両側面および前記トンネル磁気抵抗素子に対向する面とは反対側の面に高透磁率層からなる磁束

20 集中器を形成する工程を備え、

前記第 2 配線の両側面に形成される前記高透磁率層の少なくとも一方を前記第 2 配線より前記トンネル磁気抵抗素子側に突き出した状態に形成する

ことを特徴とする磁気メモリ装置の製造方法。

25 3 6. 前記高透磁率層を、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第 2 配線表面にも形成することを特徴とする請求の範囲第 3 5

項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

37. 前記高透磁率層を、前記第2配線に対して絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第35項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

- 5 38. 前記高透磁率層を、前記トンネル磁気抵抗素子側の前記第2配線表面にも絶縁膜を介して形成することを特徴とする請求の範囲第37項記載の磁気メモリ装置の製造方法。

2/33

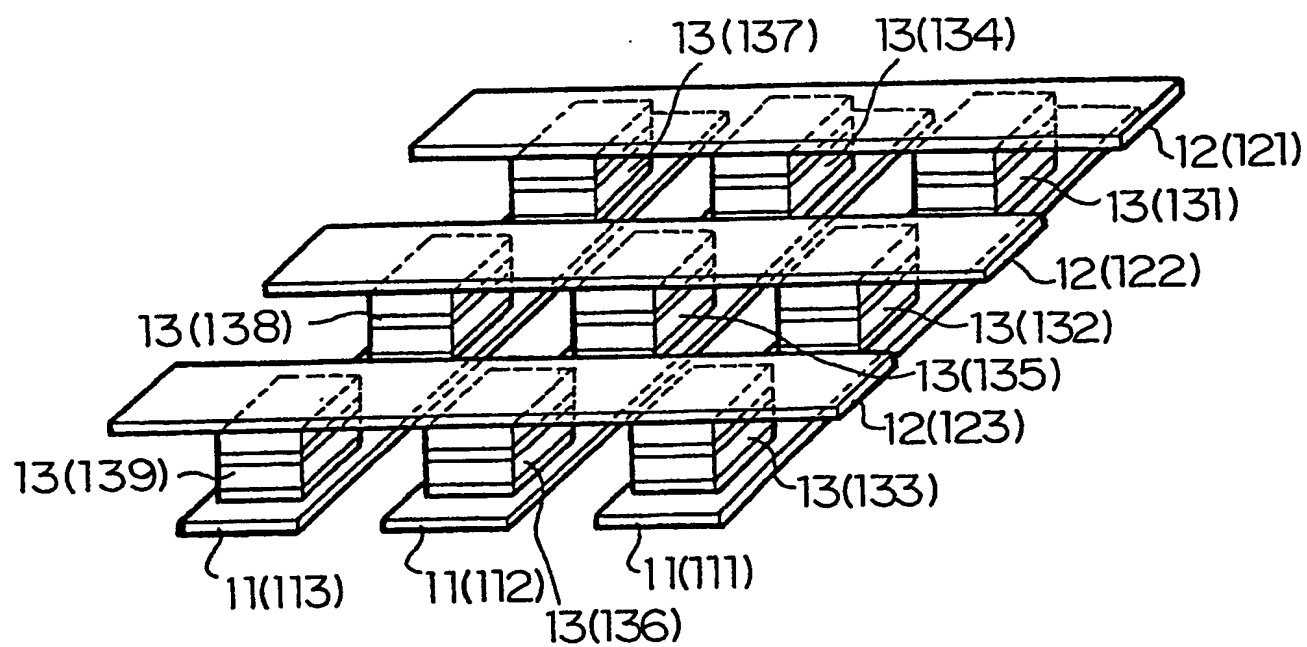


Fig.2

3/33

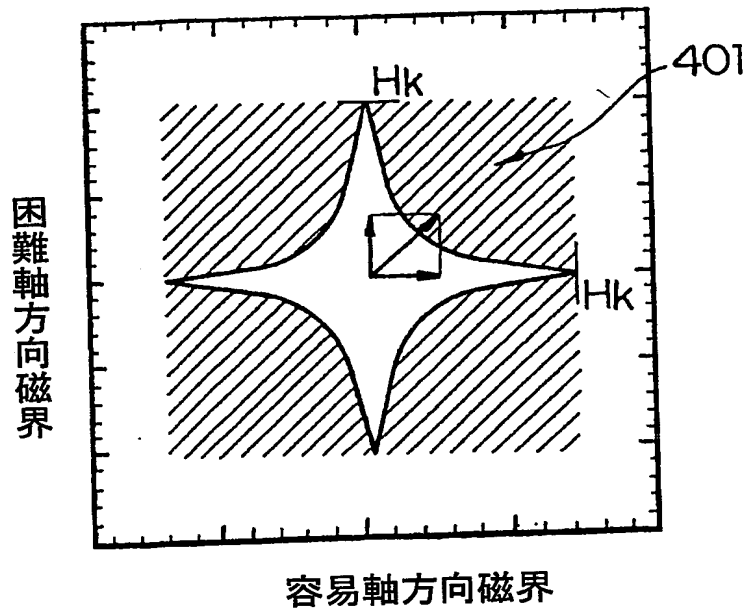


Fig.3

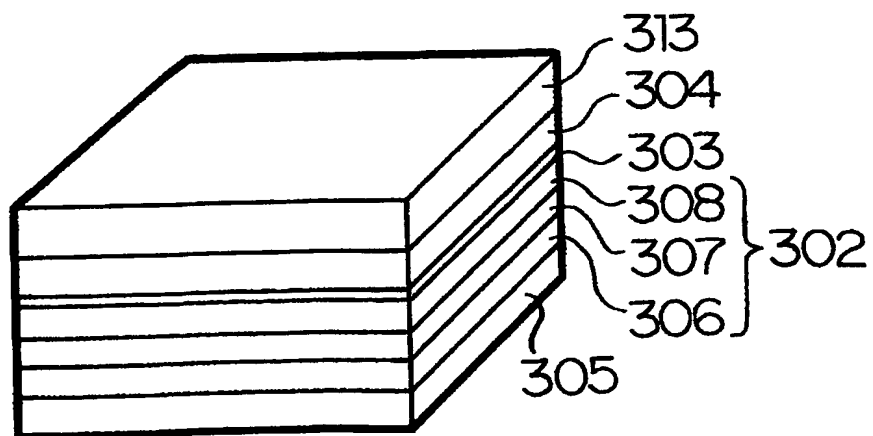


Fig.4

4 / 33

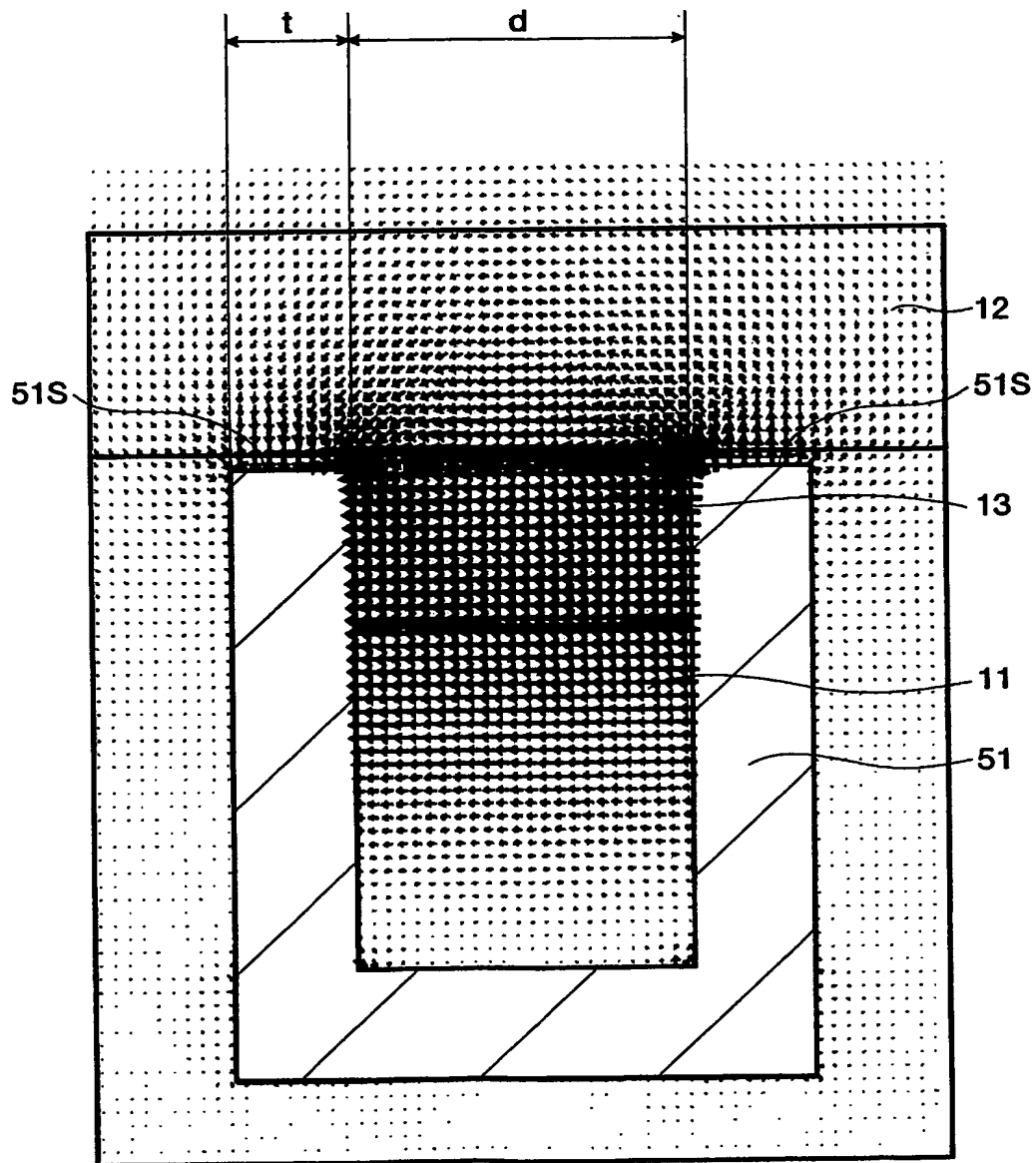


Fig.5

5/33

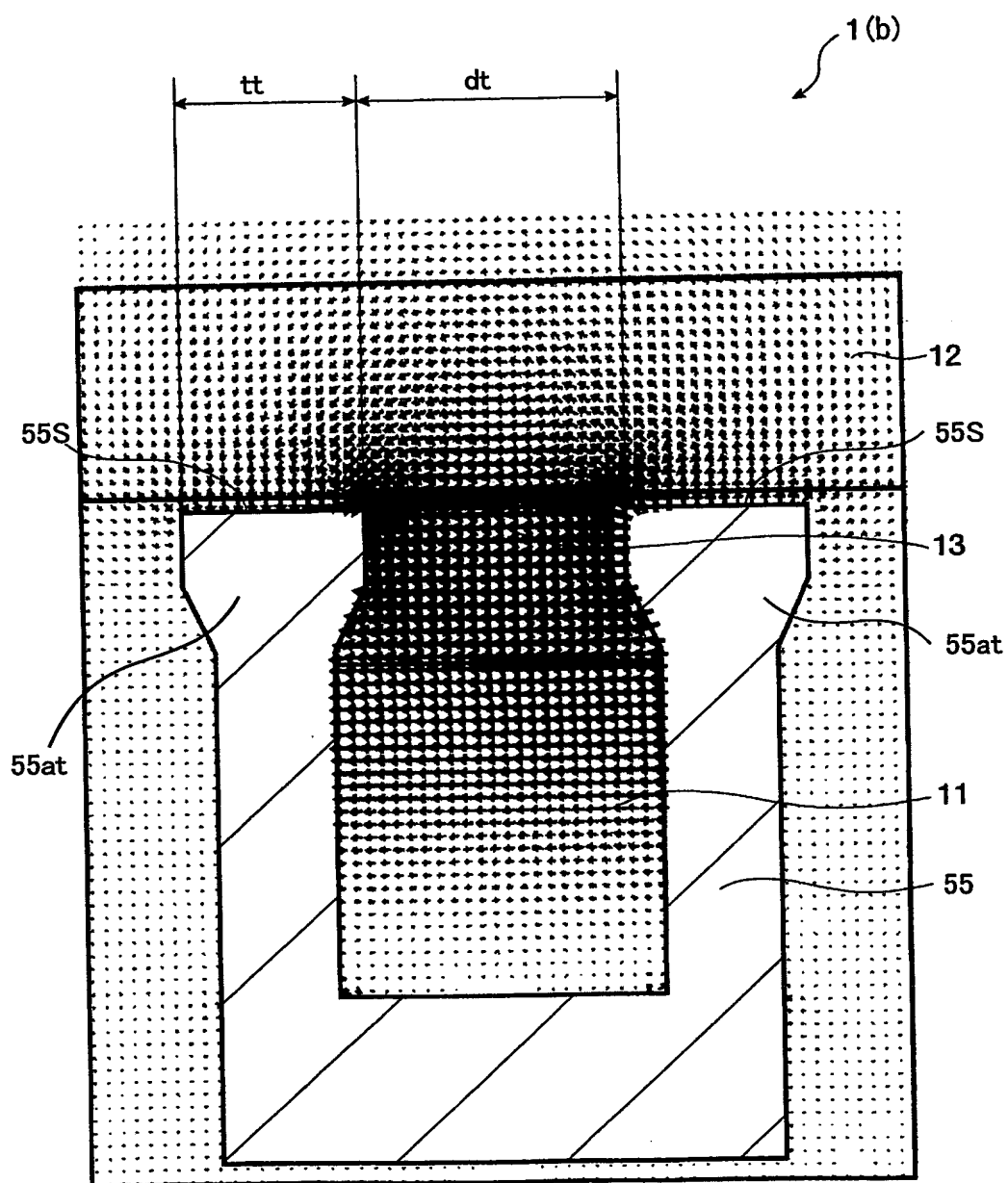


Fig.6

6/33

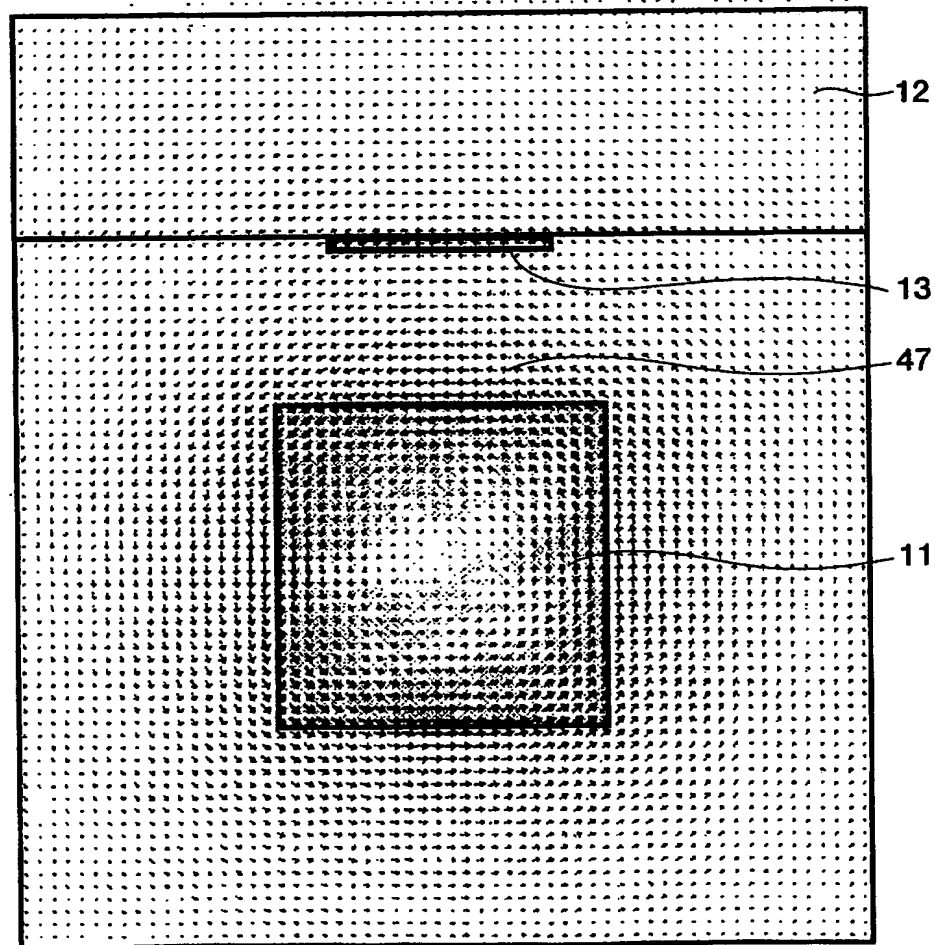


Fig.7

7/33

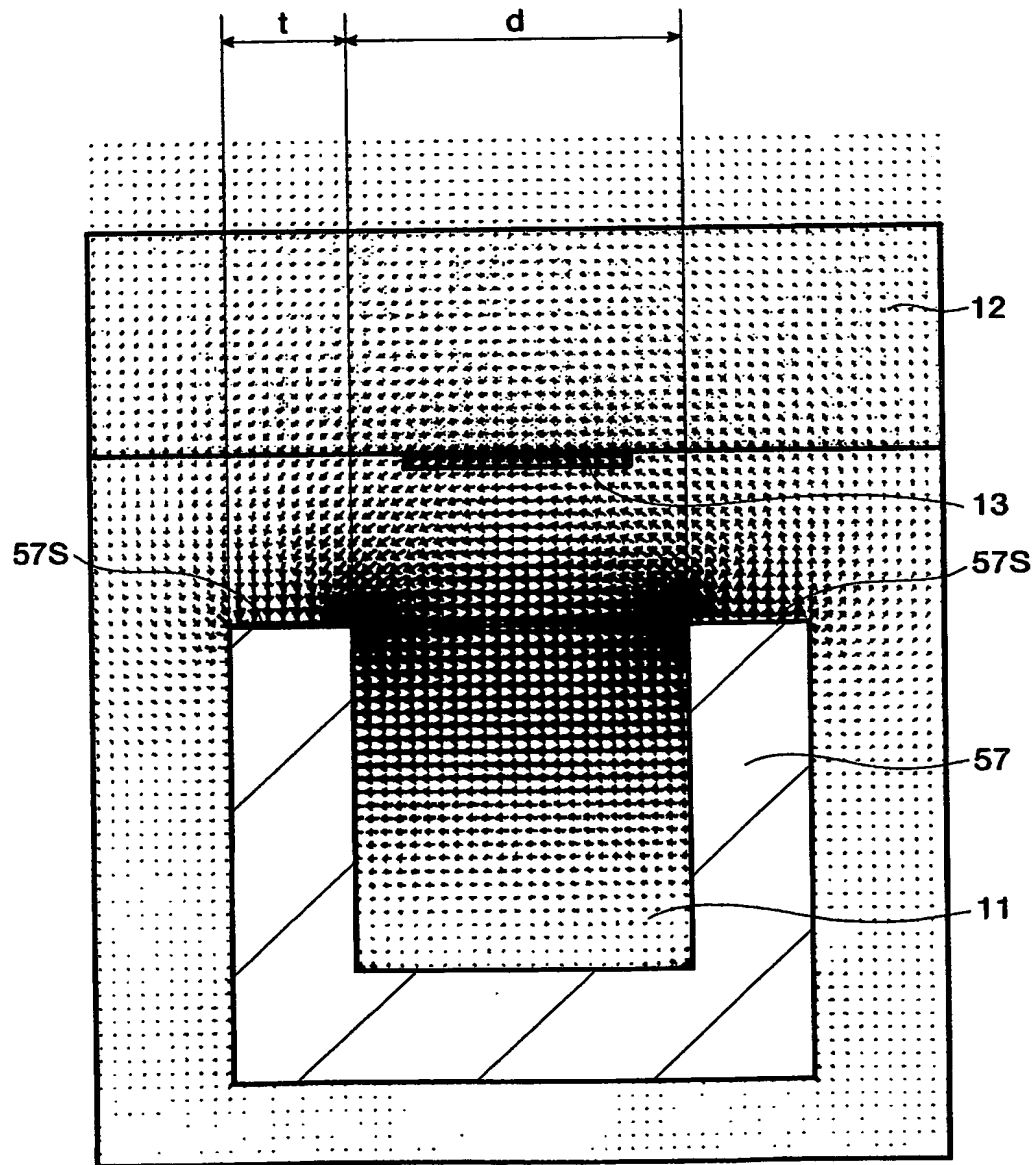


Fig.8

8/33

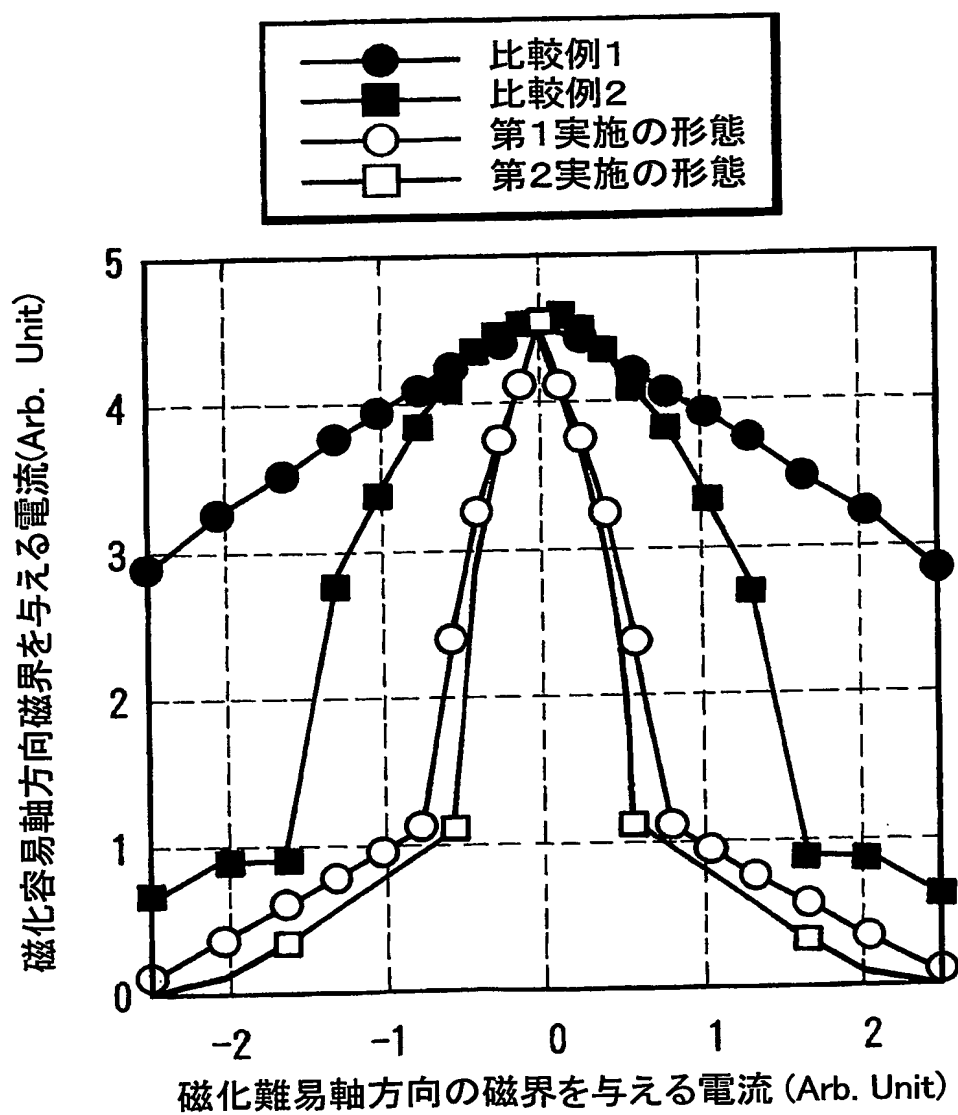


Fig.9

9/33

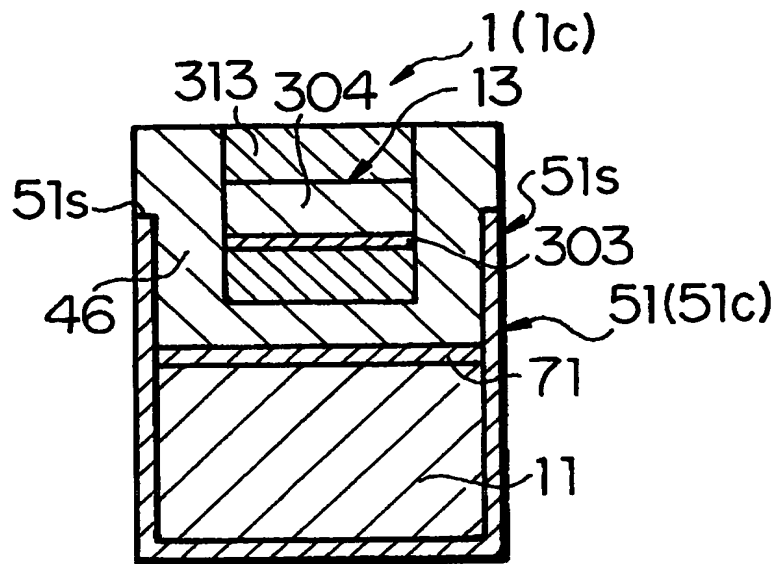


Fig.10

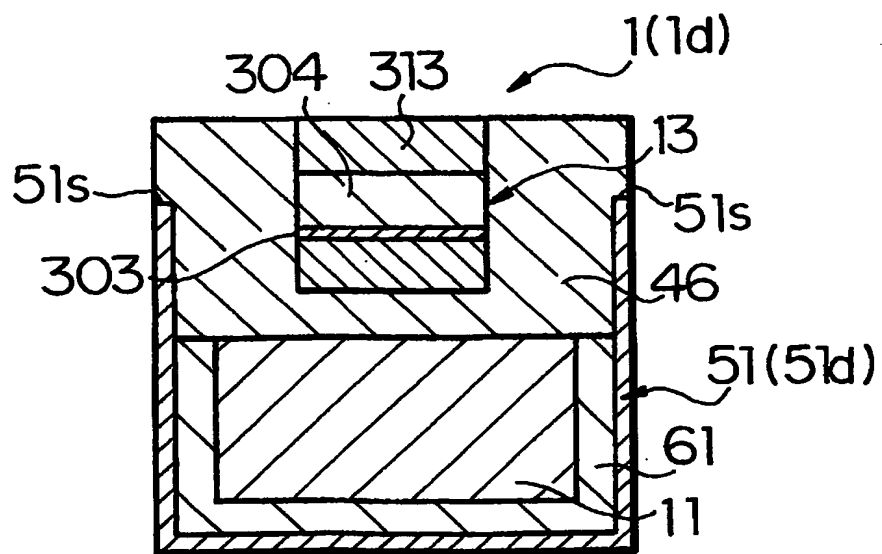


Fig.11

10/33

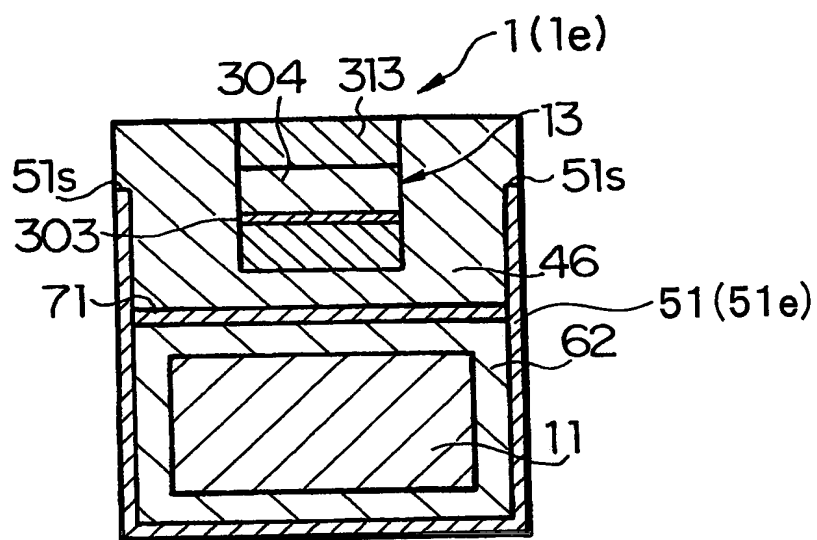


Fig.12

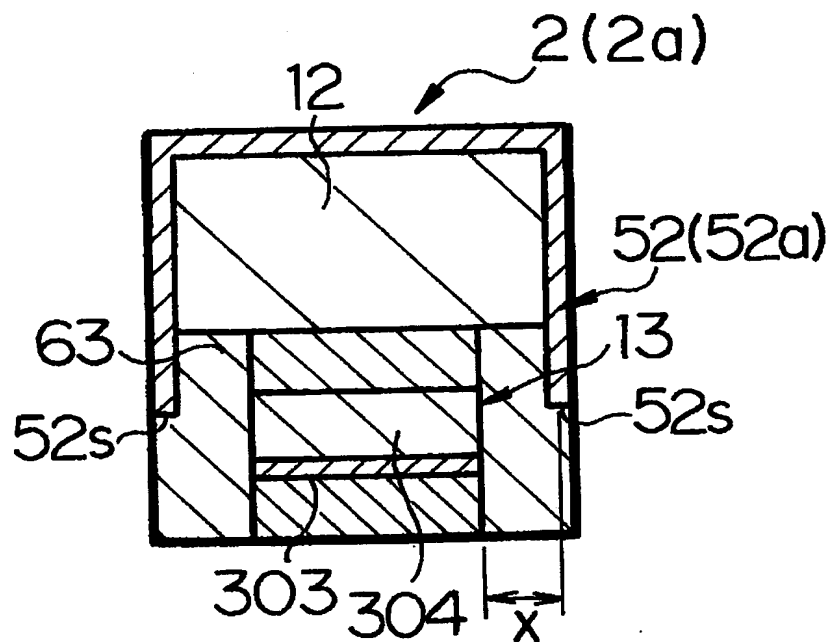


Fig.13

11/33

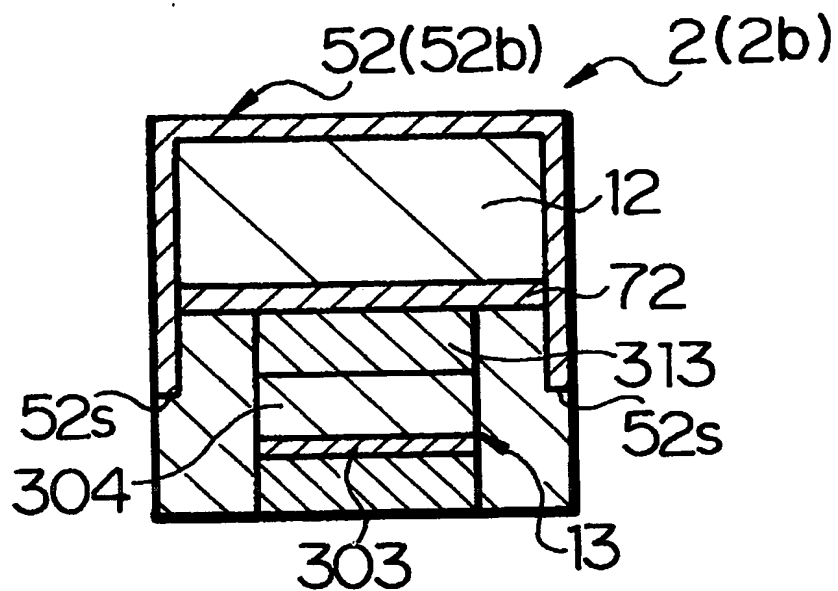


Fig.14

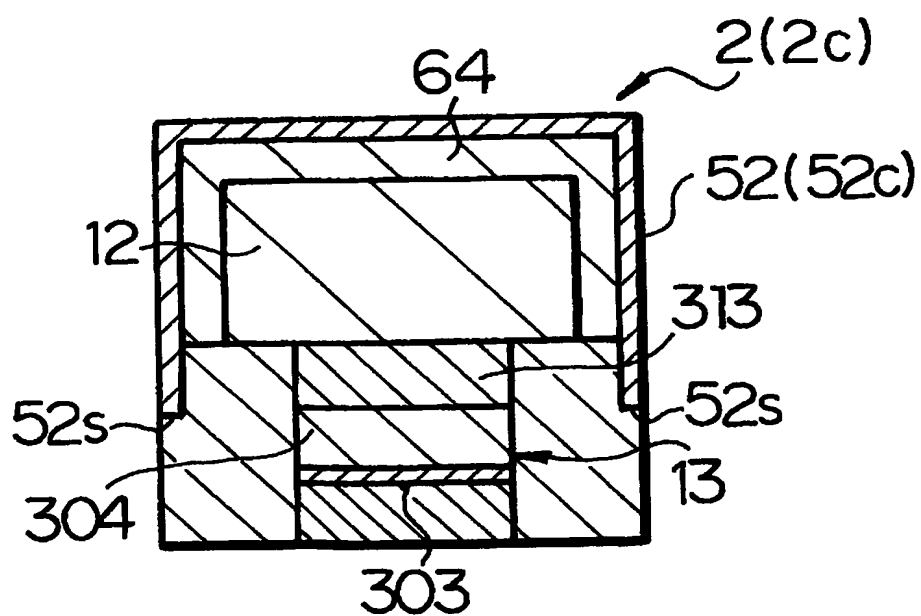


Fig.15

12/33

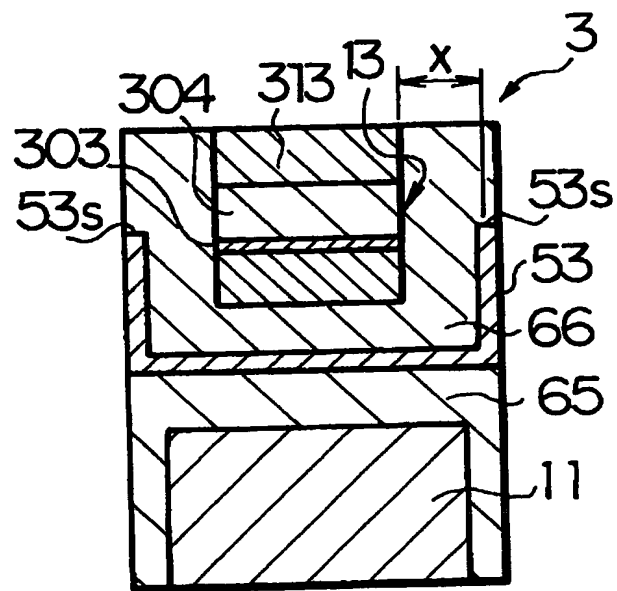


Fig.16

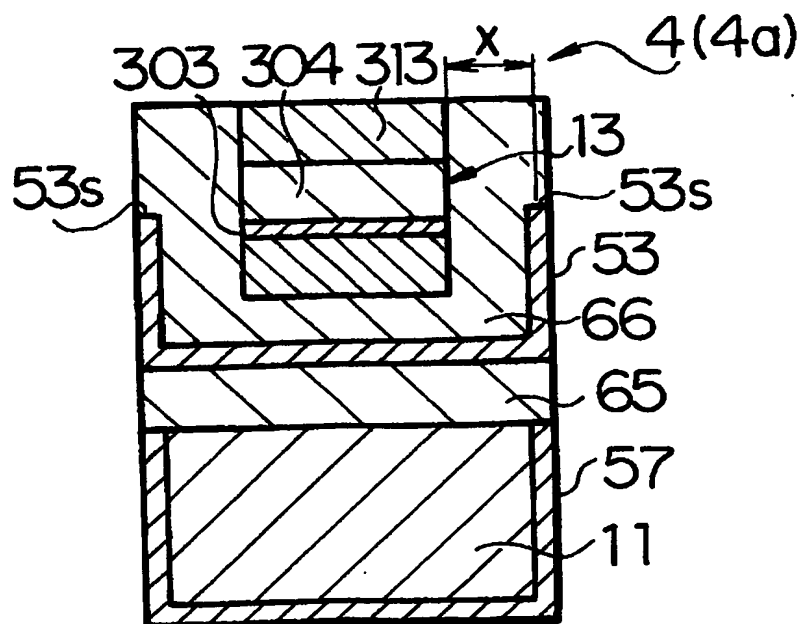


Fig.17

13/33

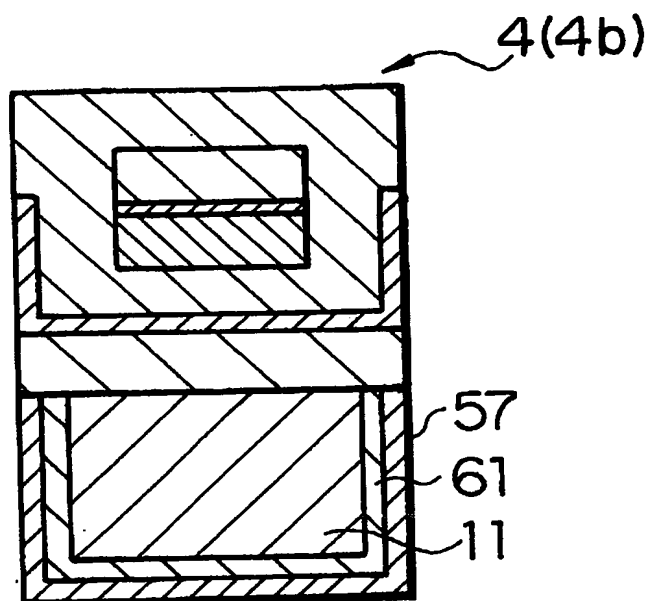


Fig.18

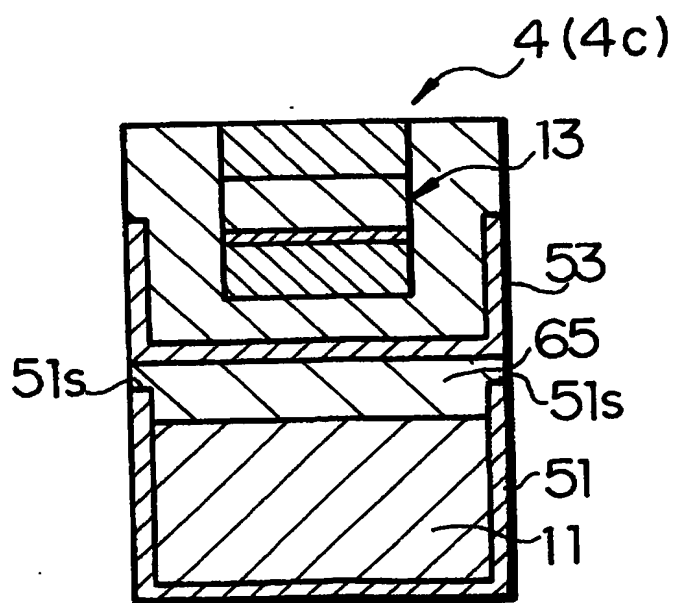


Fig.19

14/33

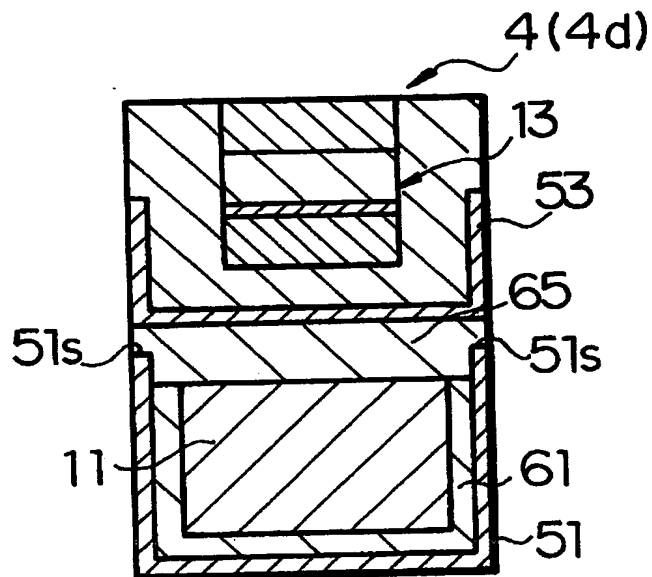


Fig.20

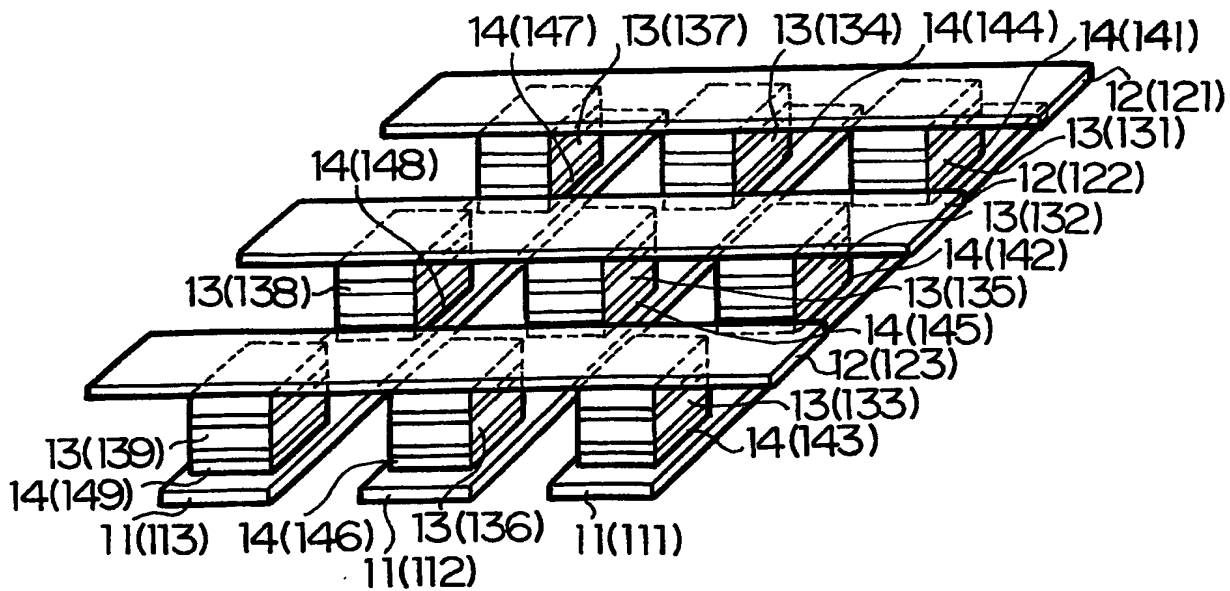


Fig.21

15/33

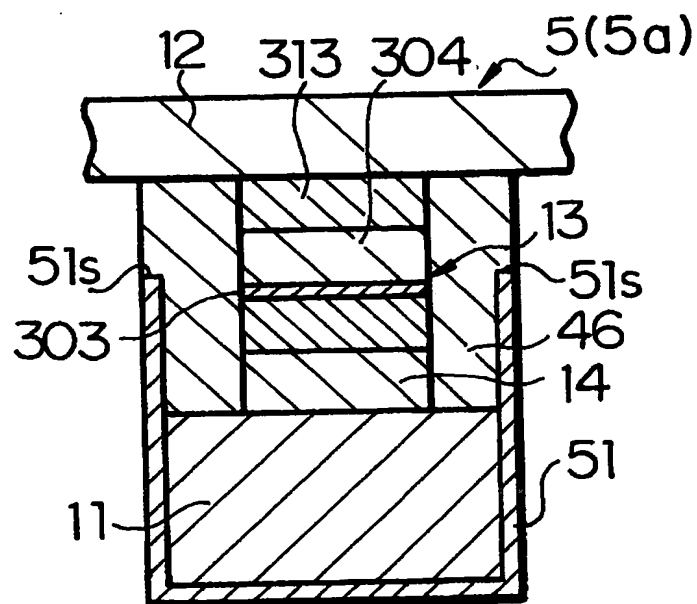


Fig.22

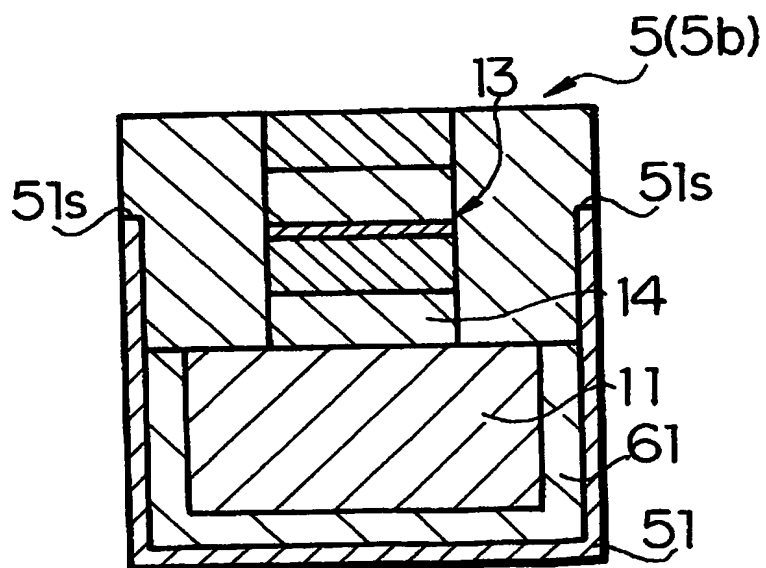


Fig.23

16/33

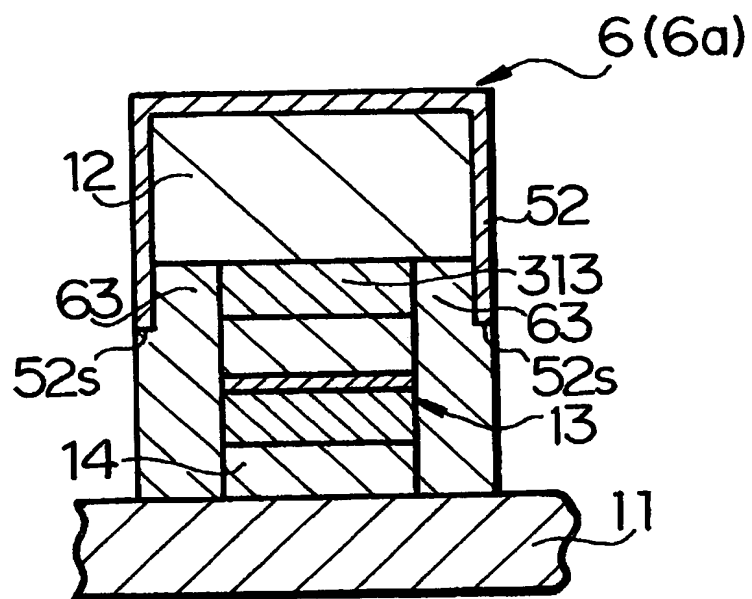


Fig.24

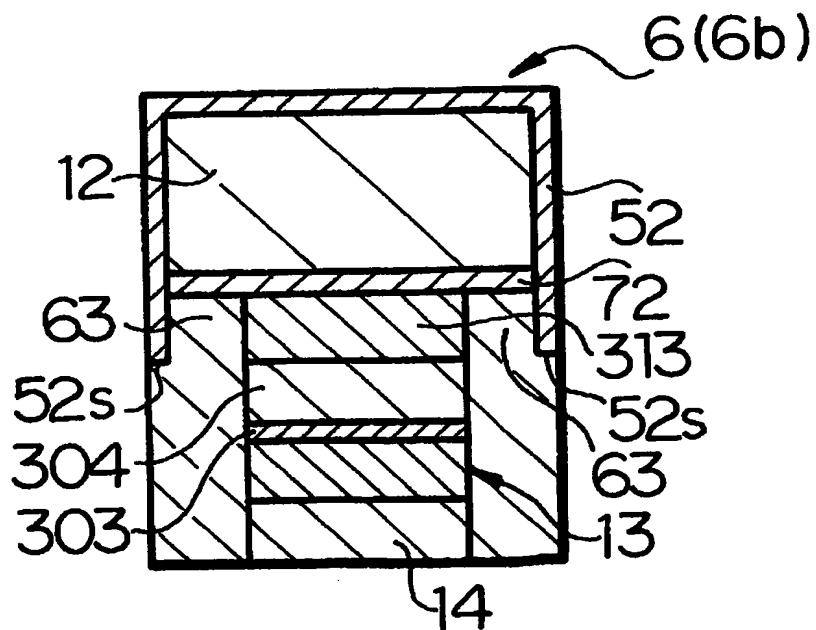


Fig.25

17/33

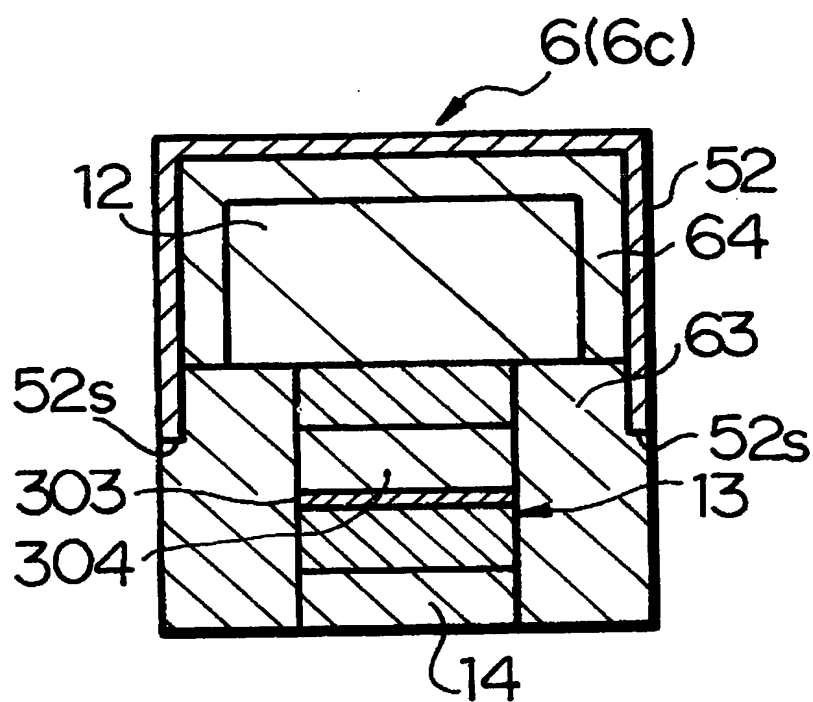
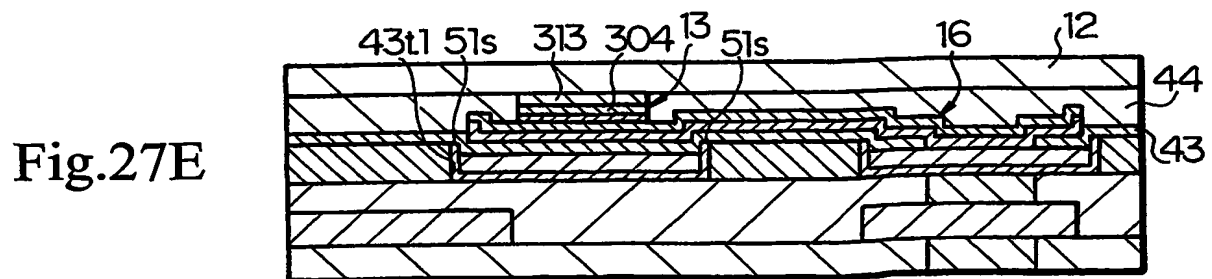
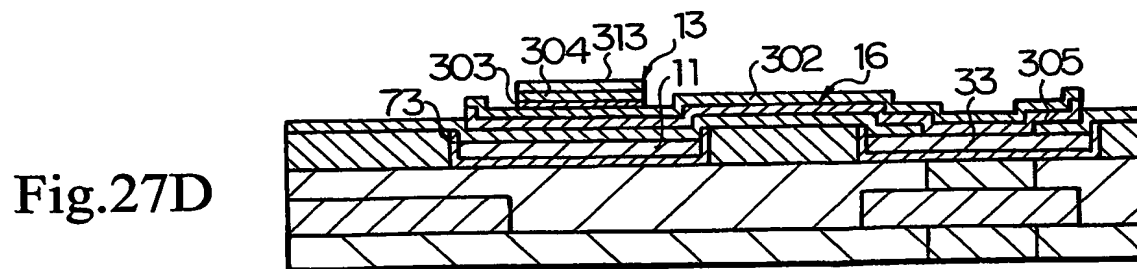
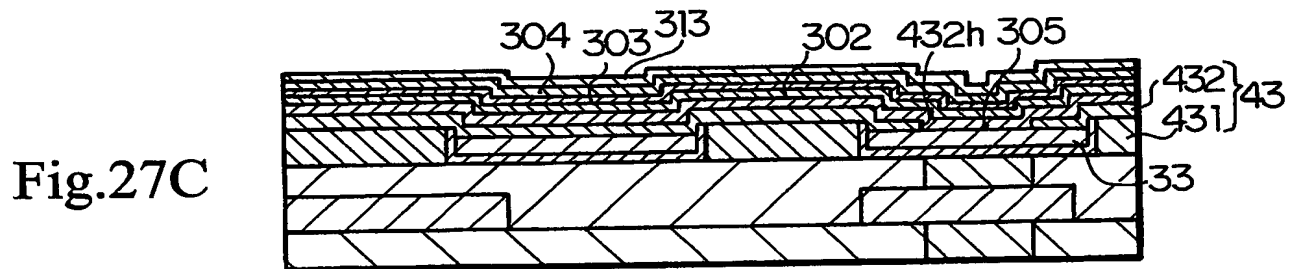
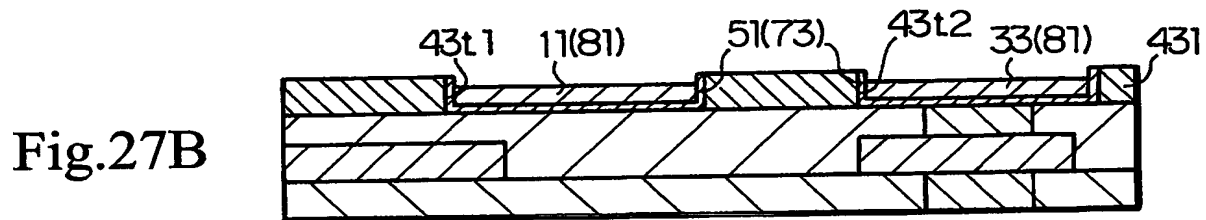
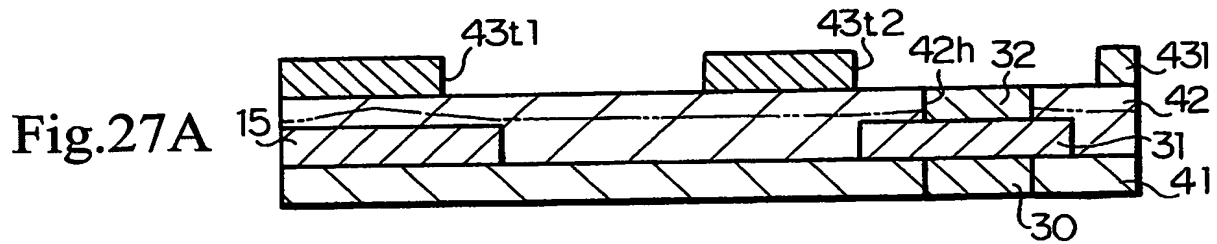


Fig.26

18/33



19/33

Fig.28A

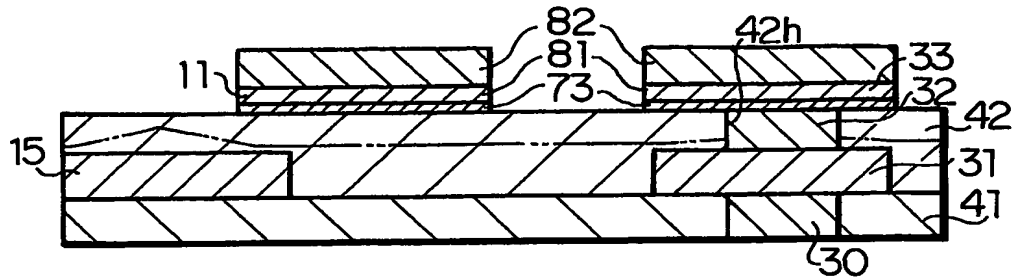


Fig.28B

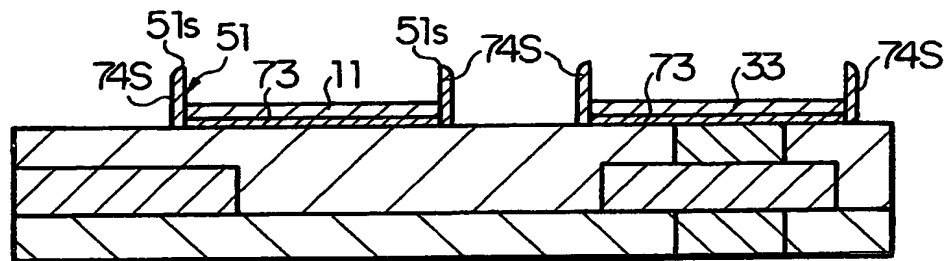


Fig.28C

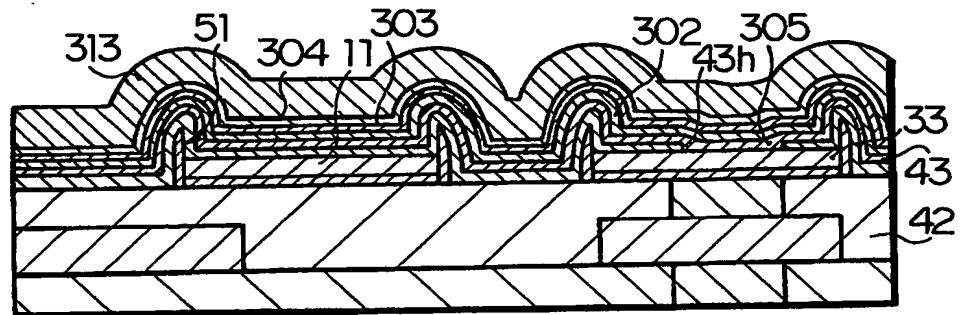


Fig.28D

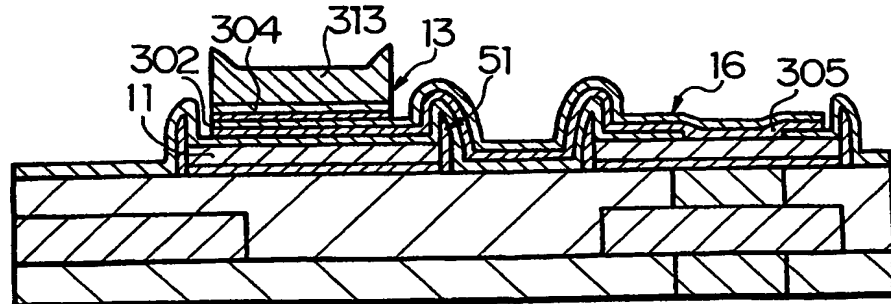
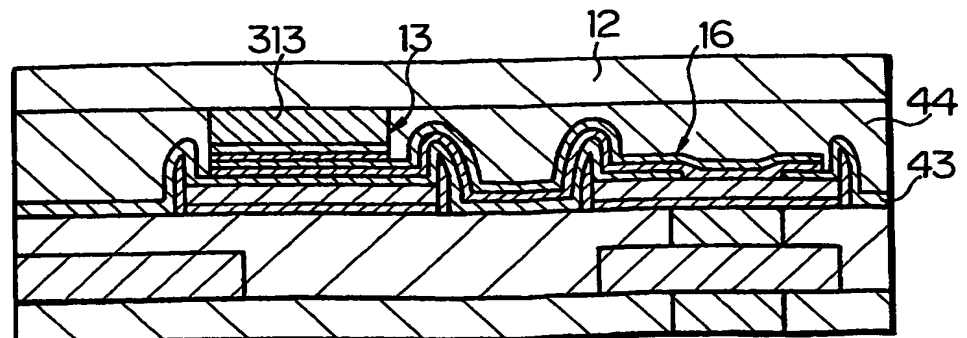


Fig.28E



20/33

Fig.29A

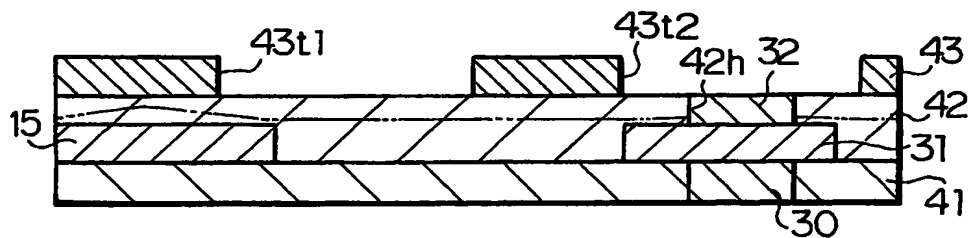


Fig.29B

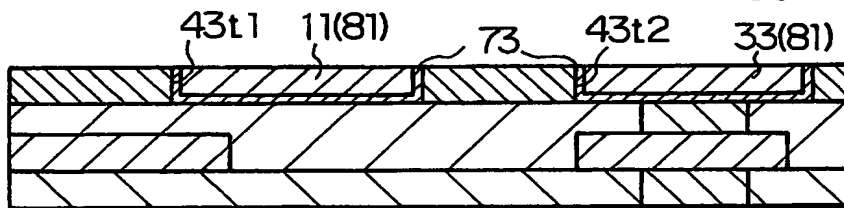


Fig.29C

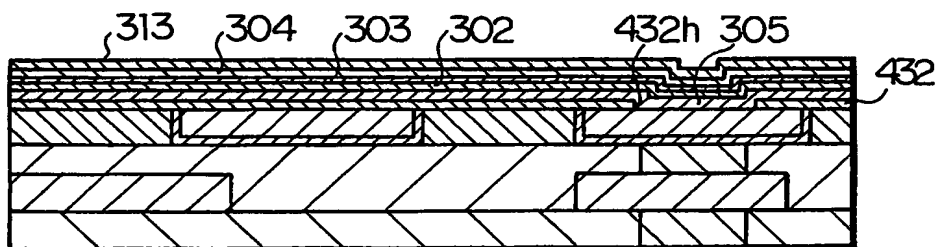


Fig.29D

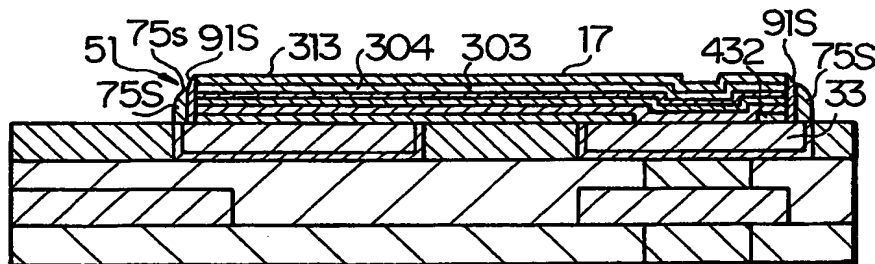


Fig.29E

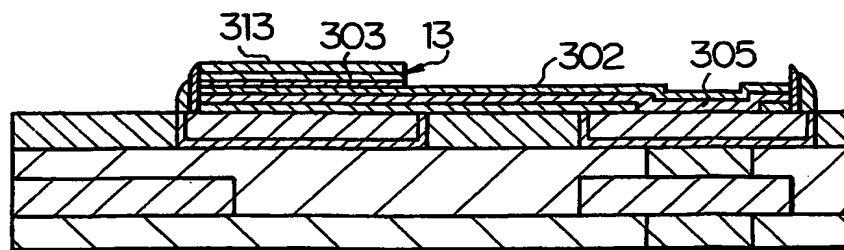
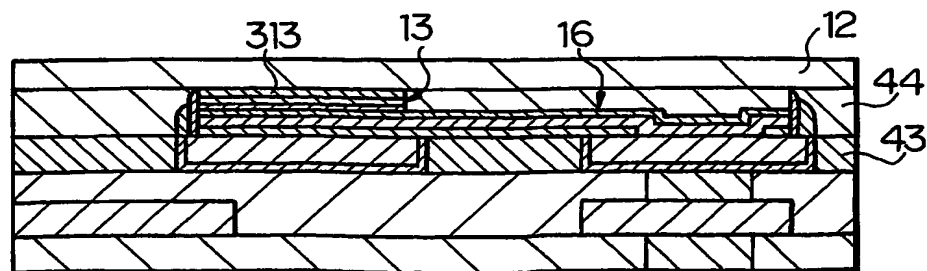


Fig.29F



21/33

Fig.30A

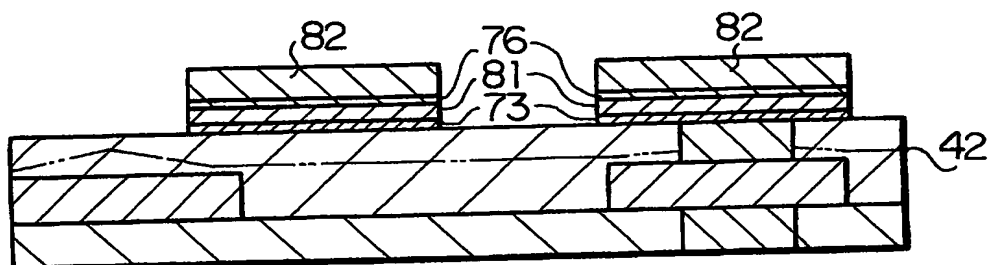
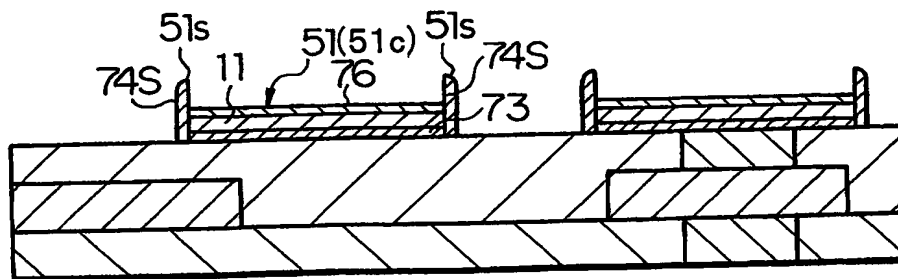


Fig.30B



22/33

Fig.31A

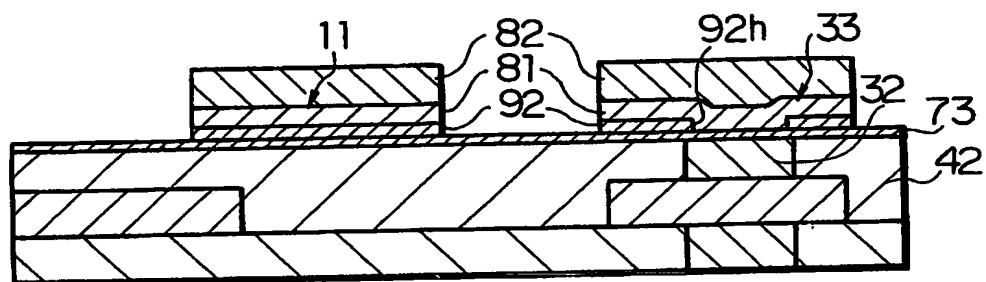
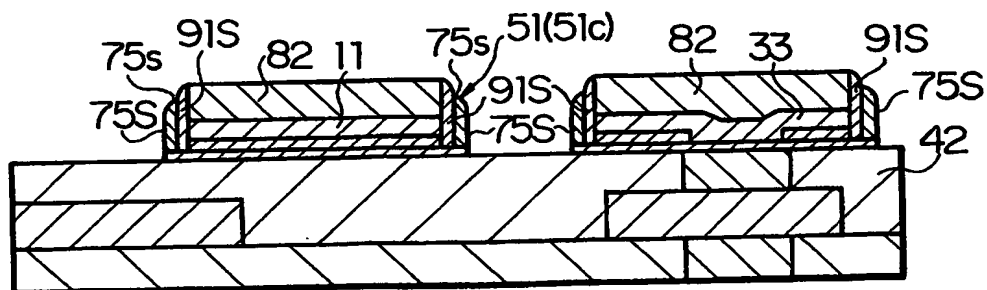


Fig.31B



23/33

Fig.32A

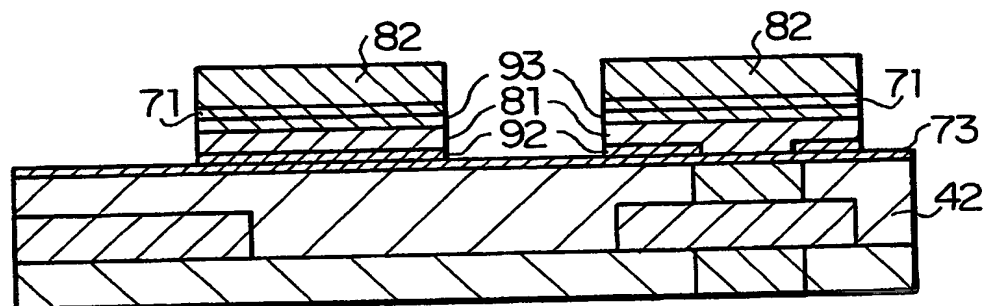
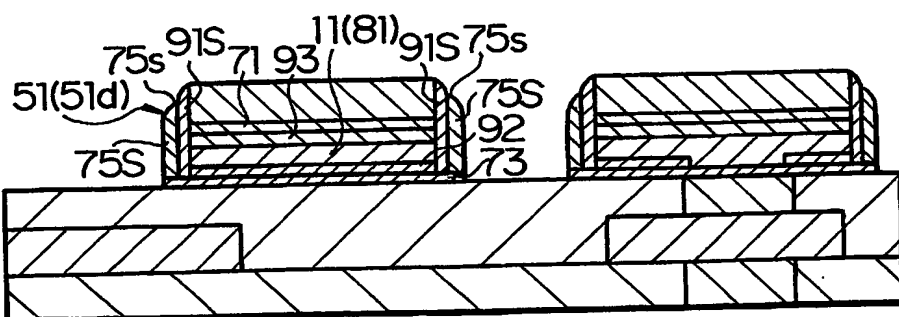


Fig.32B



24/33

Fig.33A

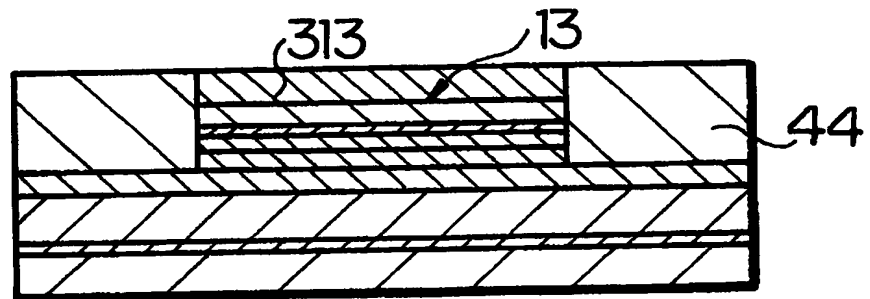


Fig.33B

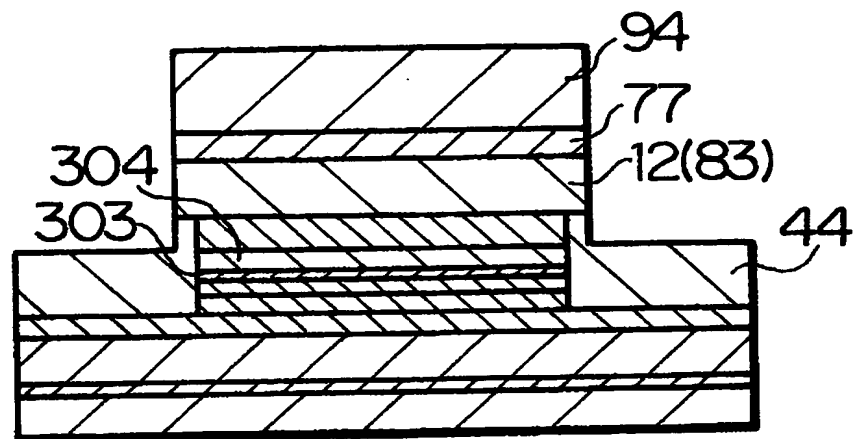
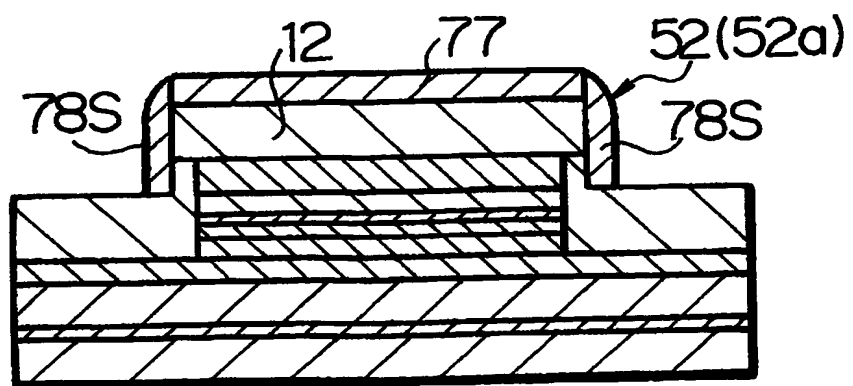


Fig.33C



25/33

Fig.34A

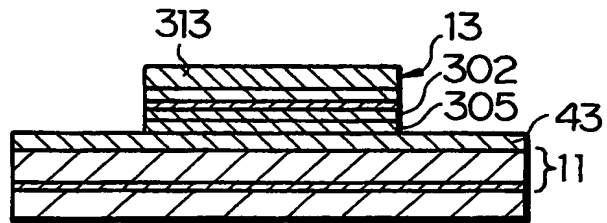


Fig.34B

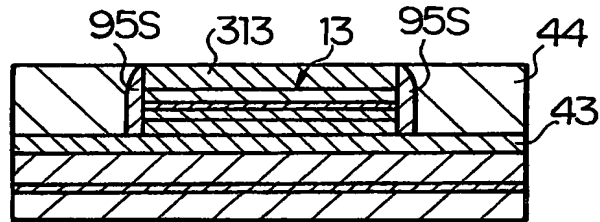


Fig.34C

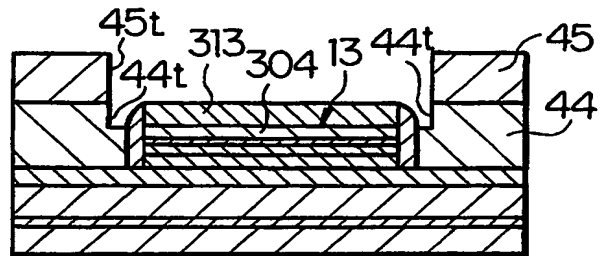


Fig.34D

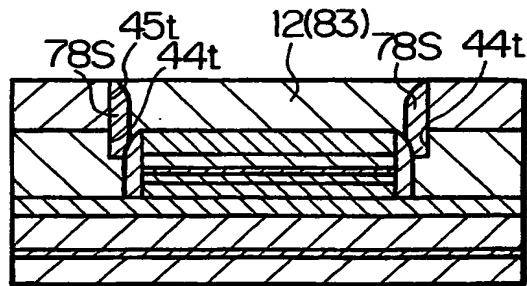
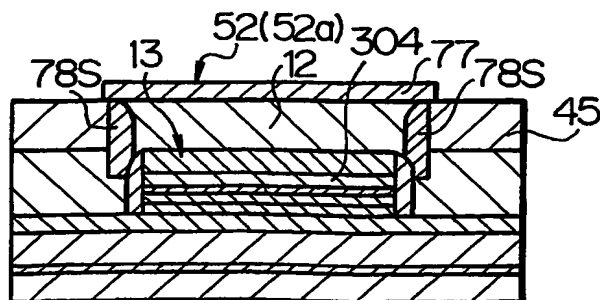


Fig.34E



26/33

Fig.35A

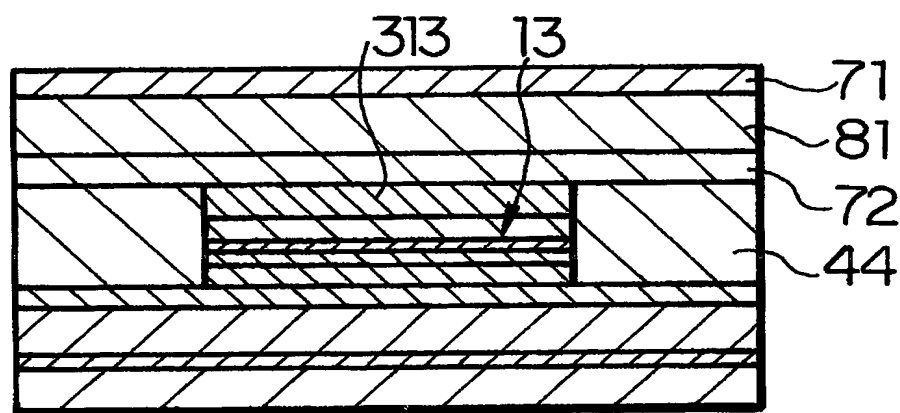
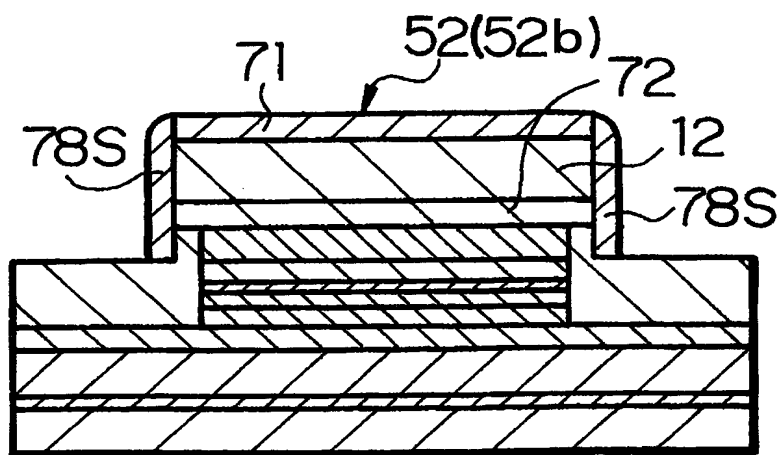


Fig.35B



27/33

Fig.36A

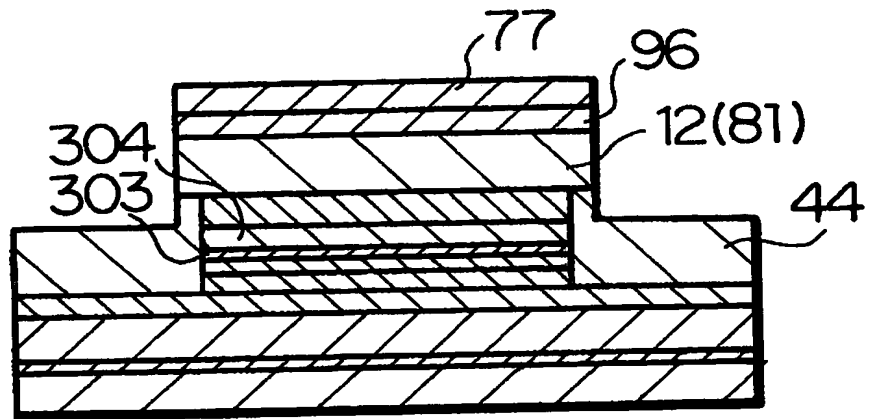
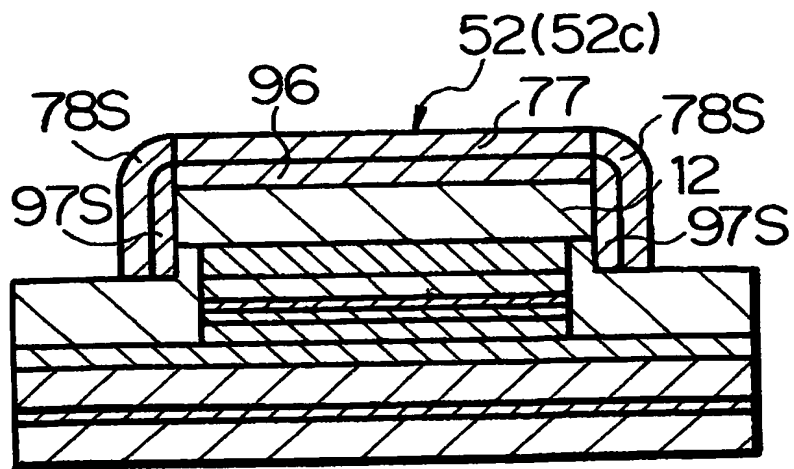


Fig.36B



28/33

Fig.37A

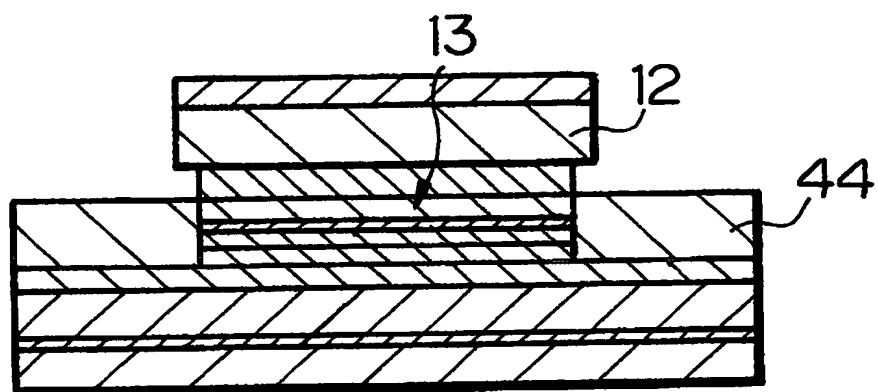


Fig.37B

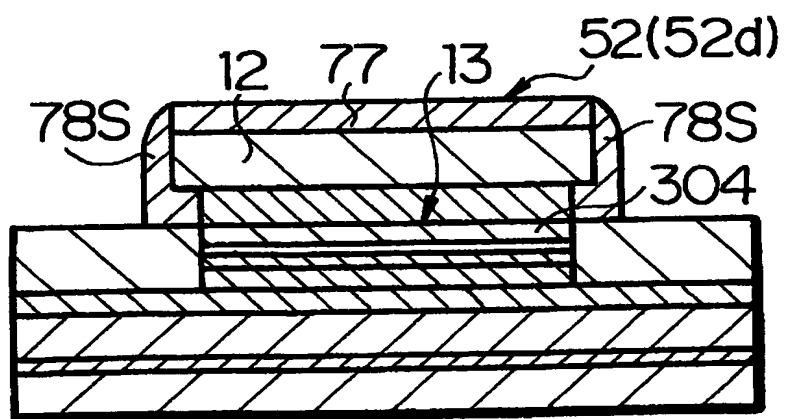


Fig.38A

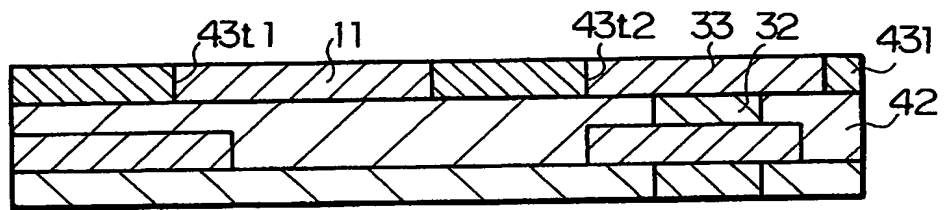


Fig.38B

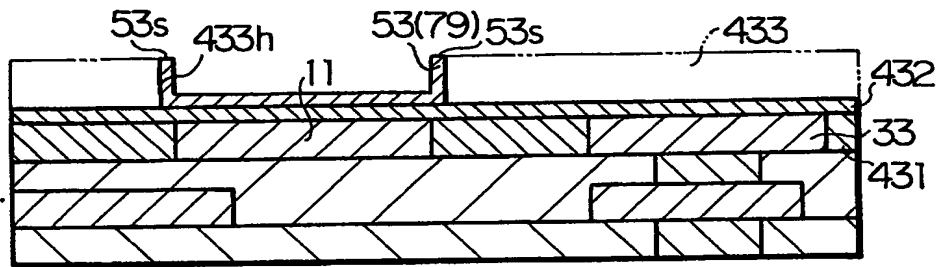
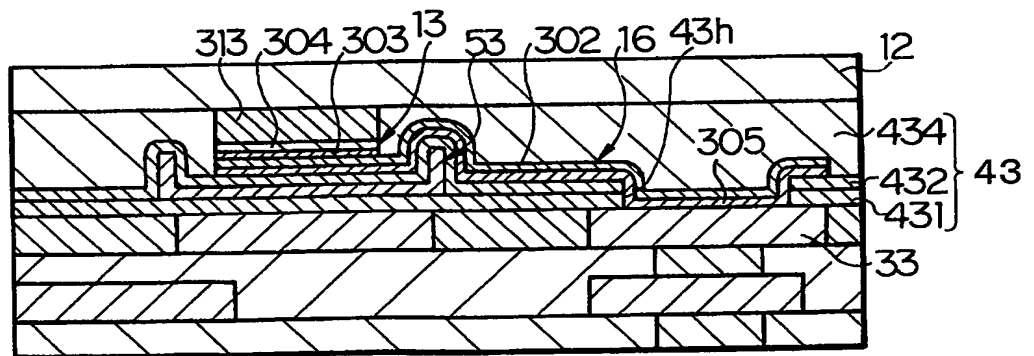


Fig.38C



30/33

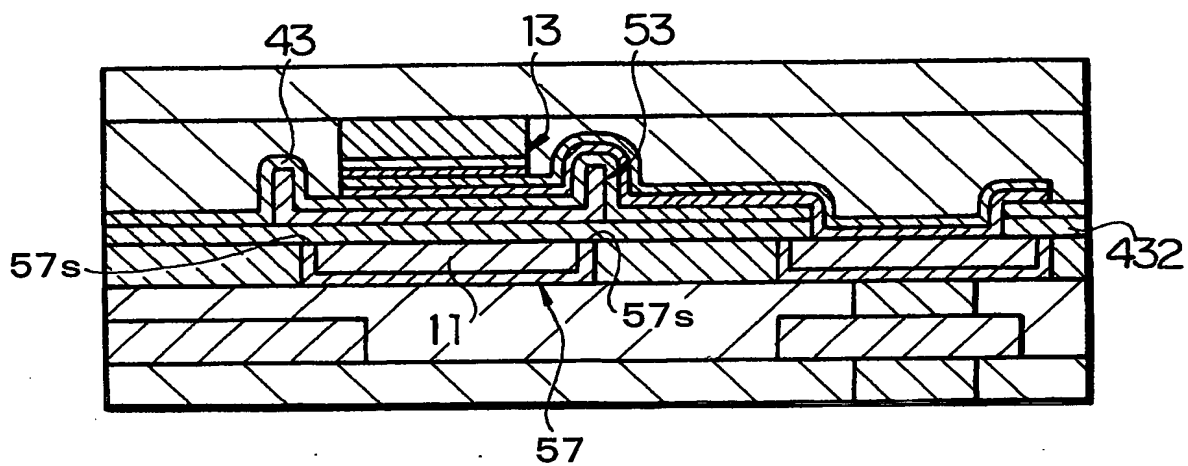


Fig.39

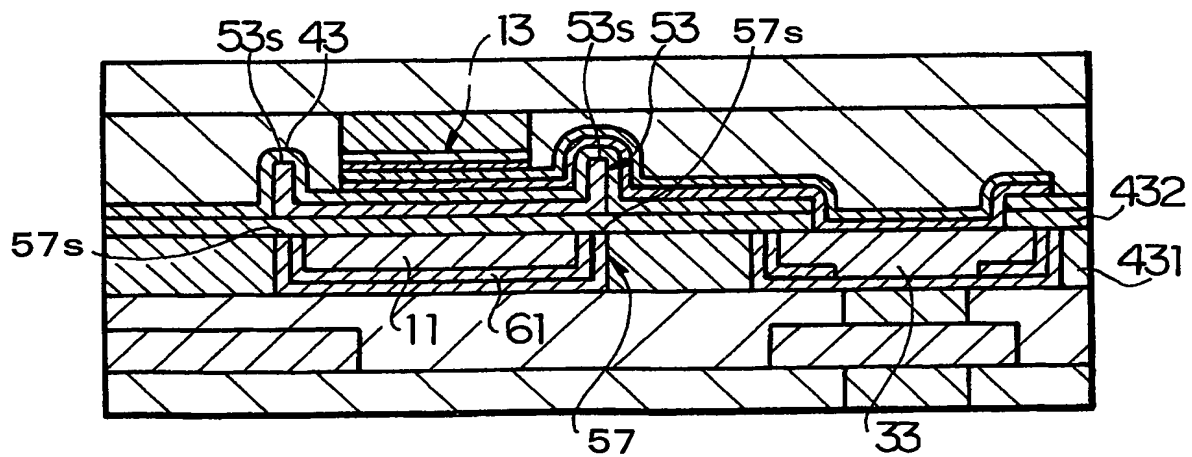


Fig.40

31/33

Fig.41A

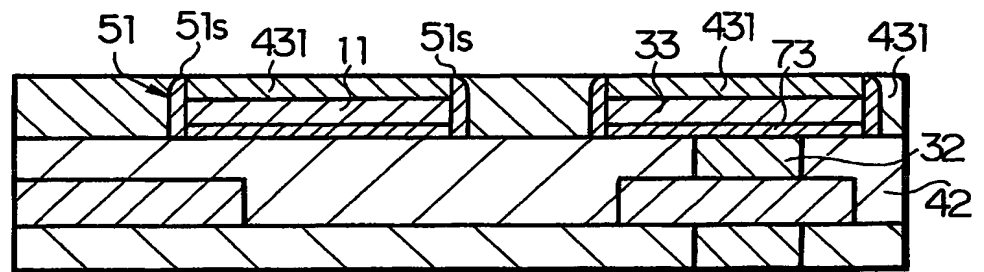
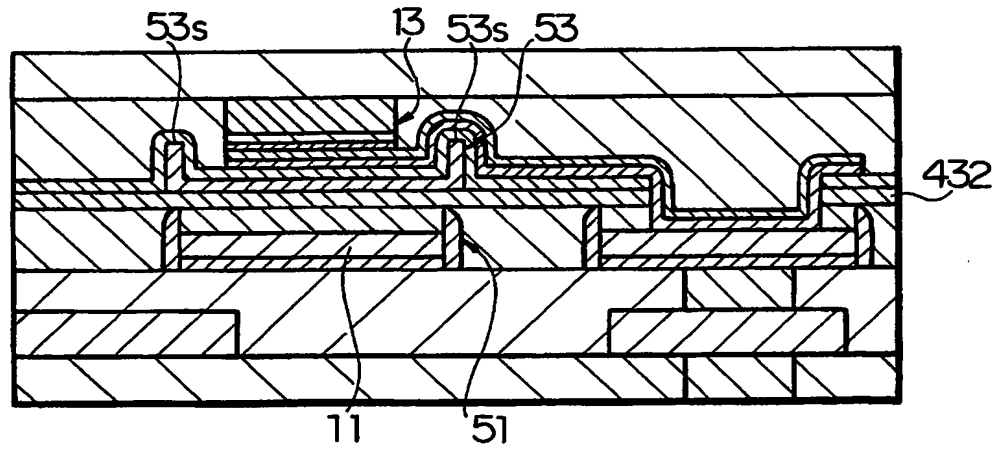


Fig.41B



32/33

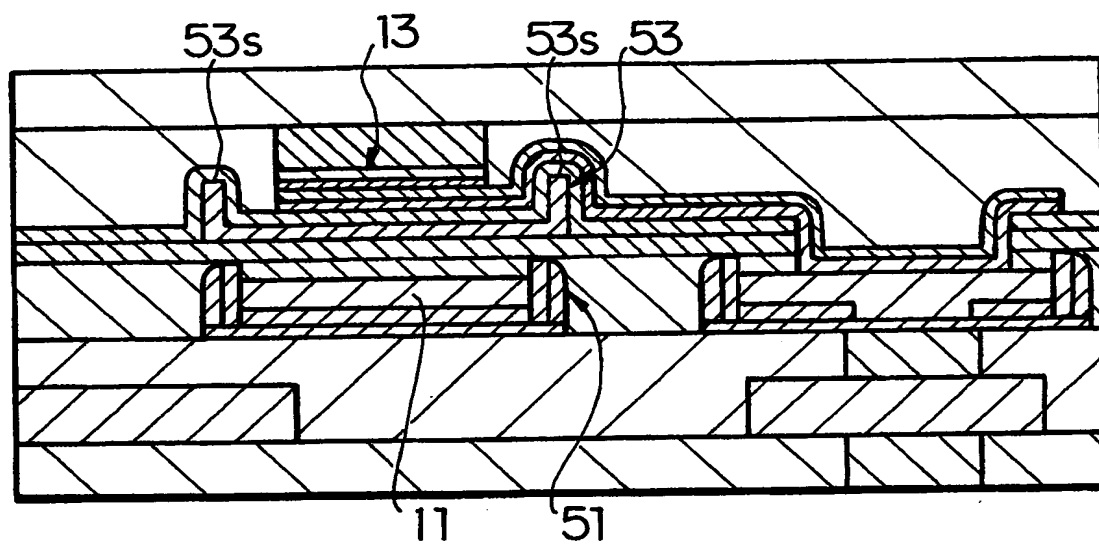


Fig.42

33/33

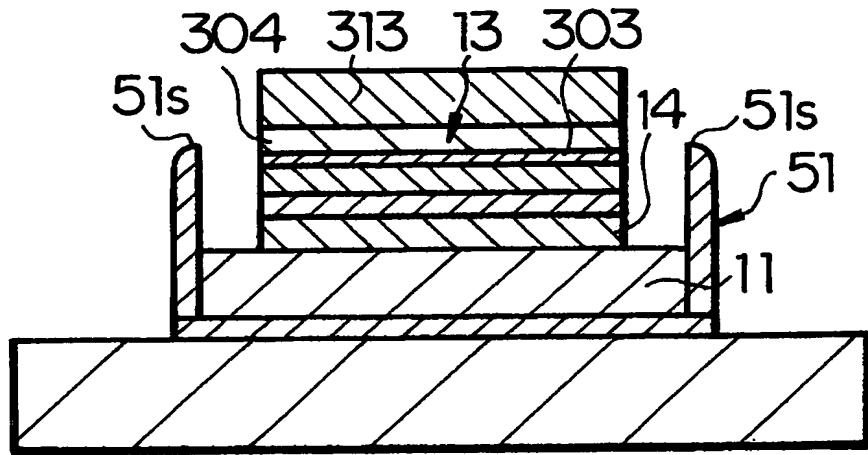


Fig.43

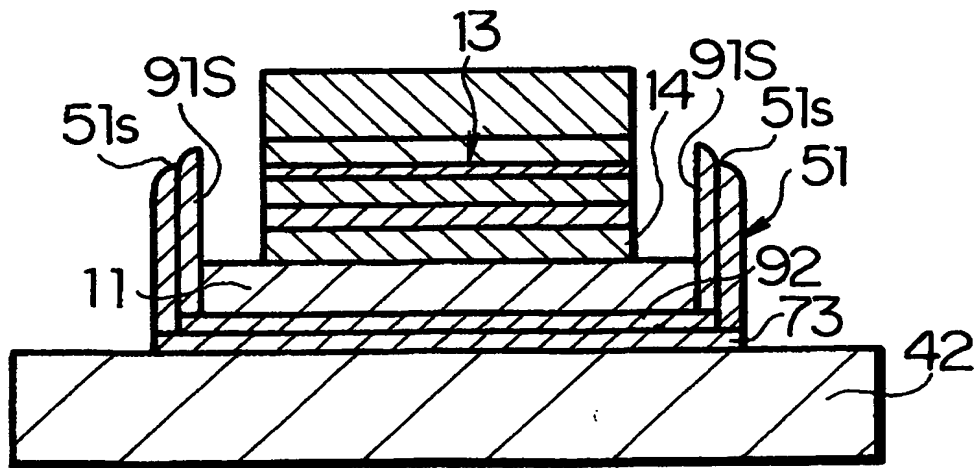


Fig.44

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03712

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L27/105

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L27/105

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X A	US 2002/0034094 A1 (Yoshiaki SAITO et al.), 21 March, 2002 (21.03.02), Full text & JP 2002-110938 A	5, 7, 16, 18, 24, 26, 35, 37 1-4, 6, 8-15, 17, 19-23, 25, 27-34, 36, 38
X	EP 1054449 A2 (MOTOROLA INC.), 22 November, 2000 (22.11.00), Full text & JP 2000-353791 A & US 6165803 A	1-38
P, A	JP 2002-246566 A (Sony Corp.), 30 August, 2002 (30.08.02), Full text (Family: none)	1-38

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.
 ☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"&" document member of the same patent family
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
30 June, 2003 (30.06.03)Date of mailing of the international search report
15 July, 2003 (15.07.03)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/03712

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
P, A	JP 2003-031773 A (Canon Inc.), 31 January, 2003 (31.01.03), Full text (Family: none)	1-38

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L27/105

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))
Int. Cl⁷ H01L27/105

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2003年
日本国実用新案登録公報	1996-2003年
日本国登録実用新案公報	1994-2003年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X A	US 2002/0034094 A1(YOSHIKI SAITO et al.)2002.03.21, 全文 &JP 2002-110938 A	5, 7, 16, 18, 24, 26, 35, 37 1-4, 6, 8-15, 17, 19-23, 25, 27-34, 36, 38
A	EP 1054449 A2(MOTOROLA INC.)2000.11.22, 全文 &JP 2000-353791 A&US 6165803 A	1-38

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日
30.06.03

国際調査報告の発送日

15.07.03

国際調査機関の名称及びあて先
日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)
栗野 正明



4M 9353

電話番号 03-3581-1101 内線 3462

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
PA	JP 2002-246566 A(ソニー株式会社)2002. 08. 30, 全文 (ファミリーなし)	1-38
PA	JP 2003-031773 A(キャノン株式会社)2003. 01. 31, 全文 (ファミリーなし)	1-38